

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR



INGENIERIA MECANICA
TRABAJO FIN DE GRADO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA
DIRECCIÓN Y FRENOS DE UN VEHÍCULO
AUTÓNOMO

Autor: Pedro Ángel Sierra Suárez

Tutor: José Luis San Román García

Resumen

El presente trabajo de fin de grado se centra en el proyecto icab de la Universidad Carlos III de Madrid, en el que se está transformando un vehículo convencional, en un vehículo autónomo, en este trabajo se desarrolla el proceso de diseño y posterior implementación de los sistemas de dirección y freno del vehículo, con ello se pretende que dicho vehículo sea capaz tanto de frenar de forma progresiva, como de realizar los cambios de dirección necesarios por si mismo de manera efectiva y segura. El diseño ha sido realizado con herramientas software CAD que optimizan la visualización del mismo. Se han estudiado distintas alternativas para la automatización de ambos sistemas llevando a cabo finalmente las más adecuadas teniendo en cuenta tanto el coste como la funcionabilidad final.

Finalmente se han propuesto algunas tareas como trabajos futuros que permitirán su finalización y mejora.

Palabras clave: Actuadores, automatización, vehículo autónomo, encoder, ADAS.

Abstract

The present project of end of degree concentrates in the project icab of the University Carlos III of Madrid, in which a conventional vehicle is being transformed, in an autonomous vehicle, in this project the process of design and subsequent implementation of the steering and brake systems of the vehicle, it is intended that the vehicle is capable of both progressive braking and of making the necessary changes of direction by itself in an effective and safe way. The design has been made with CAD software tools that optimize the visualization of the same. Different alternatives for the automation of both systems have been studied, finally carrying out the most adequate ones, taking into account both the cost and the final functionality.

Finally some tasks have been proposed as future work that will allow its completion and improvement.

Key words: Actuators, automation, autonomous vehicle, encoder, ADAS.

Contenido

Índice de figuras	6
Índice de tablas	7
1 Introducción y objetivos	8
1.1 Introducción	8
1.2 Objetivo	11
1.3 Planificación	12
2 Marco regulador	13
2.1 Introducción	13
2.2 Instrucción 15/V-113	13
2.3 Directiva C70_311	13
2.4 Reglamento 13	16
3 Estado del arte	18
3.1 Introducción	18
3.2 Eje trasero direccional	18
3.3 Dirección asistida eléctricamente	22
3.4 Sistema de dirección por cable	24
3.5 Emergency steering control	26
3.6 IPAS sistema de ayuda al estacionamiento	27
3.7 ABS Sistema antibloqueo de frenos	28
3.8 ESP control de estabilidad	29
3.9 Autonomous emergency braking (AEB)	32
3.10 ASR sistema de control de tracción	34
3.11 HDC control de descenso de pendientes	35
4 Descripción del vehículo a automatizar	37
4.1 Introducción	37
4.2 Descripción general del Vehículo	37
4.2.1 Frenos	41
4.2.2 Dirección	47
5 Alternativas para la automatización del vehículo	52
5.1 Introducción	52
5.2 Automatización de la dirección	52

5.2.1	Automatización de la dirección a partir del concepto de ejes traseros direccionales.....	52
5.2.2	Automatización a partir de un moto-reductor y un encoder.....	56
5.3	Automatización de los frenos.....	58
5.3.1	Actuación lineal.....	58
5.3.2	Actuación rotativa carrete cable	63
6	Conclusiones y trabajos futuros	65
6.1	Conclusiones.....	65
6.2	Trabajos futuros	66
7	Presupuesto.....	67
7.1	Gastos en personal	67
7.2	Gastos materiales	67
7.3	Coste total del proyecto	68
8	Referencias	69
8.1	Bibliografía	69
8.2	Bibliografía de imágenes	72
8.3	Bibliografía de tablas	74
ANEXOS.....		75
Anexo A: Instrucción 15/V-113 DGT		75
Anexo B: Ficha técnica Encoder Tekel TKM 60.....		81
Anexo C: Ficha técnica del producto Rear Axel Steering System Bosch		82
Anexo D: Ficha técnica del moto-reductor Parvalux PM60 LWS		84
Anexo E: Ficha técnica actuador SKF		85

Índice de figuras

Ilustración 1: Planificación.....	12
Ilustración 2: vehículo contraincendios equipado con eje trasero direccional [1]	18
Ilustración 3: eje trasero direccional Citroën ZX 1[2].....	19
Ilustración 4: eje trasero direccional Citroën ZX 2 [3].....	20
Ilustración 5: Funcionamiento del sistema AKC [4]	21
Ilustración 6: Versión del sistema AKC con dos actuadores [5]	21
Ilustración 7: Versión del sistema AKC con un actuador [6].....	22
Ilustración 8: dirección asistida eléctricamente (Toyota Prius) [7]	23
Ilustración 9: Dirección eléctrica por cable sin columna de dirección [8]	25
Ilustración 10: Funcionamiento del sistema de control de emergencia de la dirección [9]	26
Ilustración 11: Sensores del sistema de control de dirección de emergencia [10]	26
Ilustración 12: Sistema inteligente de ayuda al estacionamiento [11].....	27
Ilustración 13: Sistema ABS [12].....	29
Ilustración 14: Comparación entre vehículos con ESP y sin el [13]	30
Ilustración 15: Componentes ESP [14]	31
Ilustración 16: Funcionamiento Sistema AEB [15].....	33
Ilustración 17: Sistema ASR [16].....	34
Ilustración 18: Sistema HDC [17]	36
Ilustración 19: vehículo E-Z-GO [18]	37
Ilustración 20: Dimensiones del Vehículo [19].....	40
Ilustración 21: conjunto general del sistema de freno [20]	41
Ilustración 22: Pedal de freno [21]	43
Ilustración 23: Conjunto de freno [22]	45
Ilustración 24: Conjunto de la dirección I [23]	47
Ilustración 25: Conjunto de la dirección II [24]	49
Ilustración 26: Sistema Bosch [25].....	53
Ilustración 27: Esquema Sistema Bosch [26]	54
Ilustración 28: Actuador del sistema AKC de ZF [27].....	55
Ilustración 29: Actuador del sistema de LSP [28].....	55
Ilustración 30: moto-reductor Parvalux PM60 LWS [29]	56
Ilustración 31: encoder TekelmTKM 60 [30].....	57
Ilustración 32: Montaje del sistema moto-reductor encoder	58
Ilustración 33: sistema de freno con actuación lineal (opción 1)	59
Ilustración 34: Actuador lineal SKF CAHB-10 [31].....	60
Ilustración 35: Dimensiones actuador SKF CAHB-10 [32].....	60
Ilustración 36: Actuador lineal THOMSON [33].....	61
Ilustración 37: Dimensiones actuador THOMSON [34].....	62
Ilustración 38: Sistema de freno con actuación rotativa.....	63
Ilustración 39: Dimensiones actuador Festo erno [35].....	63

Índice de tablas

Tabla 1: Equipo estándar [1]	38
Tabla 2: OPCIONES/ACCESORIOS [2]	39
Tabla 3: leyenda del conjunto general del sistema de freno [3]	42
Tabla 4: Leyenda del conjunto pedal de freno [4]	44
Tabla 5: Leyenda conjunto de freno [5]	46
Tabla 6: Leyenda Conjunto de la dirección I [6]	48
Tabla 7: Leyenda Conjunto de la dirección II [7]	50
Tabla 8: Leyenda esquema sistema Bosch [8]	54
Tabla 9: Características técnicas moto-reductor Parvalux PM60 LWS [9]	57
Tabla 10: características técnicas encoder Tekel TKM 60 [10]	57
Tabla 11: Características Actuador SKF CAHB-10 [11]	61
Tabla 12: Características actuador Thomson [12]	62
Tabla 13: características tecnicas actuador ermo Festo [13]	64
Tabla 14: Presupuesto de personal	67
Tabla 15: presupuesto de los materiales	67
Tabla 16: Presupuesto total del proyecto	68

1 Introducción y objetivos

1.1 Introducción

El coche autónomo es ya una realidad, diversas marcas y fabricantes ya están desarrollando sus prototipos y modelos, estos vehículos supondrán una gigantesca revolución: Son más seguros, a diferencia de las personas que pueden sufrir estrés o cansancio, perder la concentración y sufrir un accidente, la respuesta de un coche autónomo es siempre igual. Las reglas de conducción lógicas que seguirán estos automóviles mejorarán la fluidez del tráfico. Proporcionará la capacidad para que cualquier persona pueda conducir, sin importar discapacidades y aptitudes. Los sistemas de posicionamiento, alertas de tráfico y demás incidencias proporcionaran un ahorro de tiempo y dinero en combustible, calculando la ruta más óptima. Este ahorro de combustible también ayudara a disminuir el impacto ambiental.

Para que el desarrollo del coche autónomo sea posible, surge la necesidad de realizar pruebas y test de estos automóviles “inteligentes”, la convención de Viena de 1968 (Estados Unidos, España, Reino Unido y Portugal, no la firmaron) obliga a que haya siempre un conductor en los coches que circulan por sus vías públicas. Por ello y ante la necesidad de establecer una normativa para promover un auténtico desarrollo de esta tecnología, los ministros europeos de transportes se reunieron en Ámsterdam el pasado 14. 04. 2016, para trabajar en favor de la eliminación de las barreras reglamentarias y técnicas, para que el desarrollo de los vehículos autónomos sea lo más veloz posible. Allí dichos ministros firmaron la declaración de Ámsterdam, el primer texto de la Unión Europea sobre cooperación en conducción automatizada y conectada. Dicha declaración tiene como objetivo asegurar el compromiso de los estados miembros para posibilitar los requisitos técnicos y legales necesarios en 2019.

Los principales desarrolladores de los distintos vehículos autónomos, pueden entonces testar sus automóviles en las carreteras, donde las pruebas proporcionan los datos más realistas, pero ante los problemas que están apareciendo, como el accidente de un Tesla en Florida, donde el automóvil no detecto a un camión y

acabo siniestrado debajo del mismo, con la trágica muerte de su conductor, los fabricantes de esta nueva tecnología han optado por algún enfoque alternativo, como el simulador de conducción diseñado por la universidad de Warwick en gran Bretaña, diseñado específicamente para probar vehículos “inteligentes”.

Sin embargo, incluso después de una extensa prueba en simuladores, el rendimiento de los sistemas autónomos todavía tendrá que ser verificado en el mundo real y ningún sistema auto dirigido nunca será completamente infalible. Como demostró el accidente de Florida, los accidentes seguirán ocurriendo, aunque las pruebas harán que cada vez ocurran menos.

Otros fabricantes de vehículos autónomos realizan las pruebas en circuitos privados, donde no influyen en la libre circulación de vehículos, pero estas son muy caras y solo los grandes fabricantes pueden costearse las.

Una start-up llamada Self-Driving Track Days, ha anunciado que ha programado los primeros eventos de su tipo en Europa. Estos eventos son privados y están diseñados para permitir que cualquier equipo que desarrolle vehículos autónomos pueda probar sus logros en un ambiente controlado.

A diferencia de los eventos reservados para los fabricantes de automóviles, la operación Self-Driving Track Days está diseñada para inventores, innovadores e investigadores. En lugar de pedir grandes sumas para permitir el alquiler de una pista o un instituto de investigación, el evento dará acceso a la formación especializada de los profesionales de la industria sin los enormes costos que suelen presentar.

En el desarrollo del coche “inteligente”, encontramos también tecnologías de comunicación eficientes que permiten la comunicación entre vehículos, así como con la infraestructura de control de tráfico circundante. En este tipo de proceso de comunicación, cada vehículo transmite datos anónimos sobre su velocidad su posición o la situación del tráfico en su entorno cercano. A continuación, estos datos

se procesan mediante sistemas inteligentes de asistencia al conductor y, si es necesario, se proporcionan al conductor. De esta manera el sistema podría advertir a los conductores de situaciones como atascos, cortes de calles y más situaciones imprevisibles y después sugerir rutas alternativas.

La base para estos sistemas de asistencia al conductor es una transmisión fiable y segura de datos entre vehículos. Con su plataforma de pruebas V2X, Fraunhofer FOKUS, miembro del Car2Car Communication Consortium, ofrece un entorno de prueba dedicado a este tipo de comunicación y permite probar las características de comunicación de los sistemas cooperativos V2X.

Para ayudar a impulsar desarrollos como estos, en 2015 la Universidad de Michigan abrió Mcity, un espacio de 32 acres que simula el ambiente urbano y suburbano con su propia red de carreteras, intersecciones, señales de tráfico, farolas, aceras y obstáculos. Mcity funciona como un sitio de prueba para la tecnología de automóviles conectados y automatizados.

También en China, se ha impulsado un área de 5 kilómetros cuadrados en Shanghai Auto Expo Park y la Universidad de Tongji, cuyo propósito es servir de banco de pruebas para poder extender esta tecnología a todo Shanghái.

Sin embargo, no todo son ventajas a la hora de hablar del coche autónomo, presenta también grandes problemas que deberán ser resueltos para que esta tecnología se pueda implantar de forma segura en nuestras vidas.

Cada vez existe mayor grado de automatización y la tecnología avanza hasta niveles más altos, esto hace que piratear sus señales o incluso el propio coche, sea cada vez más sencillo. Por esto nace la necesidad de las grandes empresas de crear grandes medidas de seguridad que eviten que nuestros coches sean hackeados.

Ejemplo de estos son las medidas tomadas por algunos grandes fabricantes:

General Motors ha creado un sistema de colaboración que funciona desde enero para interactuar con investigadores de software o hackers de "sombrero blanco" y pronto podría expandir el programa para ofrecer recompensas financieras o incentivos para encontrar vulnerabilidades antes de crear problemas.

Tesla Motors Inc., ha patrocinado un programa de recompensas de \$ 100 a \$ 10.000 por error o defecto de software.

Se puede apreciar, que todos los fabricantes de vehículos autónomos, se han puesto en marcha para crear sistemas de colaboración con expertos en software, para evitar deficiencias de seguridad tecnológica en sus productos, mediante concursos de talentos, recompensas o cooperación con hackers.

El coche autónomo es ya una realidad, y es solo cuestión de tiempo que estos vehículos se conviertan en el automóvil mayoritario en las carreteras mundiales.

1.2 Objetivo

En el Departamento de Ingeniería Mecánica existe un proyecto en el que se quiere convertir un vehículo convencional (carrito de golf E-Z-GO), en un vehículo autónomo. Para ello es necesario modificar gran parte de los sistemas de dicho vehículo para que sean capaces de funcionar a partir de las órdenes de una computadora central.

El objetivo del presente proyecto “Diseño e implementación de la dirección y frenos de un vehículo autónomo”, se basa en la automatización de la dirección y frenos de este vehículo. En un principio se realizaría el diseño y la implementación del sistema automatizado, pero finalmente se decidió realizar únicamente el diseño, bajo las instrucciones del tutor.

1.3 Planificación

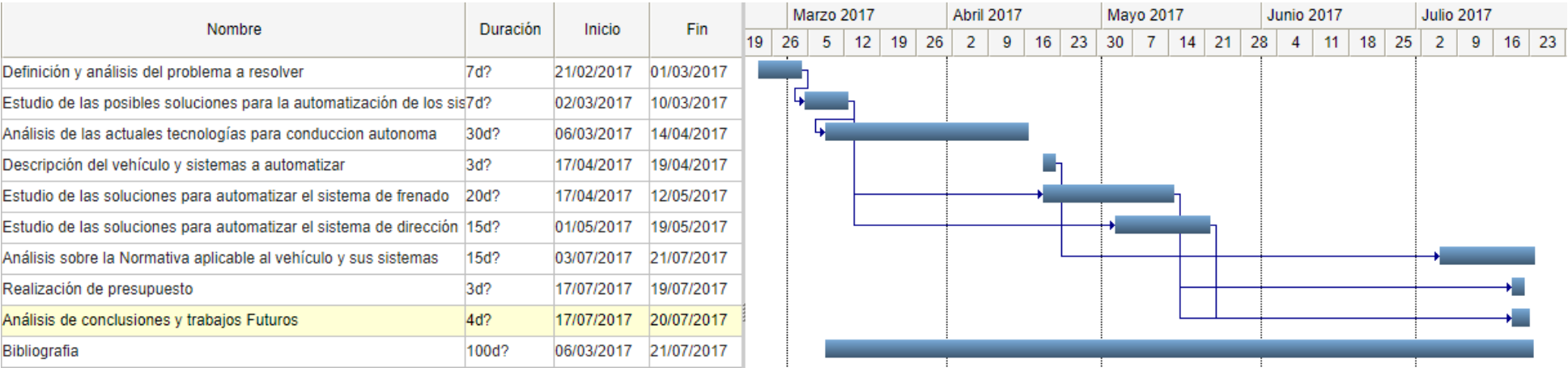


Ilustración 1: Planificación

2 Marco regulador

2.1 Introducción

En este apartado se estudiarán las diferentes normativas y reglamentos que afectan a nuestro vehículo.

2.2 Instrucción 15/V-113

El 13 de noviembre de 2015 la Dirección General de Tráfico estableció el marco normativo para la realización de pruebas con vehículos de conducción automatizada en vías abiertas al tráfico, mediante la publicación de una instrucción (INSTRUCCIÓN 15/V-113) en la que se recoge de forma detallada los requisitos necesarios para solicitar dichas pruebas, así como una clasificación de dichos vehículos en función de su automatización.

Dicha instrucción se ha realizado para garantizar las posibilidades de mejora que dichos ensayos aportaran a la seguridad vial e impulsar a la industria de automoción y la inversión en investigación en nuestro país.

Con esta iniciativa España se sitúa así entre los primeros países que apuestan por el desarrollo de este tipo de tecnología.

2.3 Directiva C70_311

Directiva relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los mecanismos de dirección de los vehículos a motor y de sus remolques.

A continuación, se incluye un extracto de los requisitos más significativos de esta directiva referidos a la fabricación y ensayos que afectan al vehículo y que debe cumplir para la homologación CE:

4. REQUISITOS DE FABRICACIÓN

4.1. Condiciones generales

4.1.1. El mecanismo de dirección permitirá una conducción fácil y segura del vehículo hasta alcanzar la máxima velocidad de fabricación.

4.1.1.1. El vehículo deberá poder circular en línea recta sin que el conductor deba corregir demasiado la trayectoria mediante el mando de dirección y sin que el

mecanismo de dirección vibre excesivamente yendo a la máxima velocidad según fabricación.

4.1.1.2. El recorrido de las ruedas motrices estará sincronizado con el mando de dirección, excepto el caso de las ruedas dirigidas mediante un mecanismo de dirección auxiliar.

4.1.1.3. El mando de dirección y las ruedas motrices estarán sincronizados en el tiempo, excepto en el caso de las ruedas dirigidas por un mecanismo auxiliar de dirección.

4.1.2. El mecanismo de dirección estará diseñado, fabricado e instalado de forma que pueda soportar los avatares de la utilización normal del vehículo o de una combinación de vehículos. El ángulo de giro máximo no estará limitado por ninguna pieza del varillaje de la dirección, excepto si así está expresamente previsto.

4.1.5. Todo fallo del varillaje que no sea exclusivamente mecánico debe ser claramente señalado al conductor del vehículo; cuando se trate de un vehículo automóvil, se considerará que un aumento de la fuerza necesaria sobre el mando de dirección constituye ya una señal de alarma; cuando se trate de un remolque, se admitirá un indicador mecánico. En caso de fallo, se admitirá un cambio en la relación media de la dirección, siempre que la fuerza sobre el mando de dirección no sobrepase los valores exigidos en el punto 5.2.6 que aparece más adelante.

4.2. Condiciones particulares

4.2.2. Varillaje de la dirección

4.2.2.1. Los mecanismos de ajuste de la disposición de la dirección serán tales que, después de ajustados, los elementos regulables estén sujetos los unos a los otros de forma fiable mediante un mecanismo de bloqueo apropiado.

4.2.4. Alimentación de energía

4.2.4.1. Podrá utilizarse una misma fuente de energía para alimentar el mecanismo de dirección y el mecanismo de frenado. No obstante, en caso de fallo de la alimentación de energía o de uno de los dos mecanismos, deberán satisfacer las siguientes condiciones:

4.2.4.1.2. en caso de fallo de la fuente de energía, la eficacia del frenado no disminuirá por debajo de la prescrita para el freno de servicio, tal y como se define en el ► M2 anexo II ◀ ► M2 (1) ◀, desde el momento que se apriete por primera vez el freno;

4.2.4.1.3. en caso de fallo de la alimentación de energía, la eficacia del frenado deberá ajustarse a los requisitos del ► M2 anexo II ◀ ► M2 (1) ◀;

4.2.4.2. podrá utilizarse una misma fuente de energía para alimentar el mecanismo de dirección y otros mecanismos que no sean el de frenado siempre que, cuando el nivel del líquido del depósito de almacenamiento descienda hasta un valor que pueda ocasionar un aumento de la fuerza que debe ejercerse sobre el mando de dirección, aparezca una señal sonora o visual que advierta al conductor; el conductor deberá poder comprobar fácilmente el buen funcionamiento del indicador;

4.2.4.3. el dispositivo de alarma estará conectado de forma directa y permanente al circuito. Cuando se utilice normalmente el motor y no haya ningún fallo en el mecanismo de dirección, el mecanismo de alarma no deberá dispararse más que durante el tiempo necesario para recargar el o los depósitos de energía, una vez puesto en marcha el motor.

5. REQUISITOS RELATIVOS A LOS ENSAYOS

5.1. Requisitos generales

5.1.1. Los ensayos se efectuarán sobre una superficie plana que garantice la adherencia adecuada.

5.1.2. En los ensayos, el vehículo estará cargado con la carga máxima y los ejes motores con la carga máxima técnicamente autorizada. Cuando haya ejes provistos de un mecanismo de dirección auxiliar, el ensayo se repetirá con el vehículo cargado con la masa técnicamente autorizada y el eje provisto de un mecanismo auxiliar de dirección con la carga máxima autorizada.

5.1.3. Al principio del ensayo, la presión de los neumáticos será la prescrita por el fabricante para la carga prevista en el punto 5.1.2 con el vehículo parado.

5.2. Requisitos acerca de los vehículos de motor

5.2.1. El vehículo deberá poder tomar la tangente de una curva cuyo radio sea de 50 m, sin vibraciones anormales del mecanismo de dirección, a la siguiente velocidad:

— vehículos de la categoría M1: 50 km/h;

— vehículos de las categorías M2, M3, N1, N2 y N3: 40 km/h,

o la velocidad máxima de fabricación si ésta es inferior a las velocidades indicadas anteriormente.

5.2.3. Cuando el vehículo describa una trayectoria circular con las ruedas motrices semigiradas, a una velocidad aproximadamente constante de por lo menos 10 km/h, el círculo de giro seguirá siendo el mismo o aumentará cuando se suelte el mando de dirección.

5.2.4. Cuando se mida la fuerza sobre el mando, no se tendrán en cuenta las fuerzas ejercidas durante menos de 0,2 segundos.

5.2.5. Medición de la fuerza sobre el mando de dirección en los vehículos automóviles cuyo mecanismo de dirección está intacto

5.2.5.1. Circulando el vehículo en línea recta, se le hace girar describiendo una espiral a una velocidad de 10 km/h. Se mide la fuerza sobre el mando de dirección en el radio nominal del mando de dirección, hasta que la posición del mando de dirección equivalga al radio de giro indicado en el siguiente cuadro, para la categoría de vehículo del que se trate, cuando el mecanismo de dirección está intacto. Se llevará a cabo una maniobra de dirección hacia la derecha y otra hacia la izquierda.

2.4 Reglamento 13

El reglamento nº13 de la comisión económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas, contiene las disposiciones uniformes sobre la homologación de vehículos de las categorías M, N y O con relación al frenado.

Este reglamento contiene todos los requisitos y disposiciones que debe cumplir un vehículo para poder ser homologado en Europa.

En el caso de nuestro vehículo, este reglamento no es de aplicación ya que exige de cumplir estas disposiciones a los vehículos cuya velocidad máxima no supere los 25 km/h, y la velocidad máxima del carrito de golf E-Z-GO de la compañía Textron es de 19-23Km/h. Por lo que dicho reglamento no sería de aplicación. Pero si podría marcar los requisitos futuros para la automatización de un vehículo con una mayor velocidad máxima.

3 Estado del arte

3.1 Introducción

El estado del arte de este proyecto se centra en los sistemas de dirección y frenos que montan los vehículos actuales, los cuales facilitan en gran medida la conducción y dotan al conductor de mayor seguridad y comodidad.

3.2 Eje trasero direccional

En los últimos tiempos muchos fabricantes de automóviles han dedicado sus investigaciones al desarrollo de la tecnología conocida como tren trasero direccional, esto es debido a las grandes ventajas que esta aporta.

Entre los principales beneficios encontramos la mayor capacidad de maniobrabilidad y giro que aporta a los vehículos en entornos urbanos, donde nos enfrentamos a situaciones como calles muy estrechas o giros muy pronunciados que requieren que realicemos complicadas maniobras para seguir nuestro recorrido, también nos aporta mayor facilidad a la hora de realizar aparcamientos.

Otra de las grandes ventajas es la estabilidad que aporta al vehículo cuando trazamos curvas a altas velocidades.

También supone un gran beneficio para los vehículos de grandes dimensiones que necesitan realizar servicios en las ciudades, donde su gran tamaño les dificulta y en ocasiones impide la correcta circulación.



Ilustración 2: vehículo contraincendios equipado con eje trasero direccional [1]

-Uno de los primeros sistemas de eje trasero direccionales fue el introducido por Citroën en el modelo ZX en 1991, el sistema consistía en un eje trasero situado sobre unas fijaciones elásticas, que le otorgaban cierto ángulo de giro. Durante el trazado de una curva el eje trasero en conjunto se desplaza y cuando esto ocurre, orienta al mismo tiempo las dos ruedas del tren trasero en la misma dirección que las ruedas directrices del vehículo. Esta orientación del eje trasero se traduce en una mejor estabilidad y hace posible aumentar la velocidad en el paso por curva. También proporciona una mayor sensación de seguridad para el piloto al reducir la inclinación de la carrocería al tomar las curvas.

Dicho sistema solo entra en funcionamiento cuando los virajes se realizan a cierta velocidad.

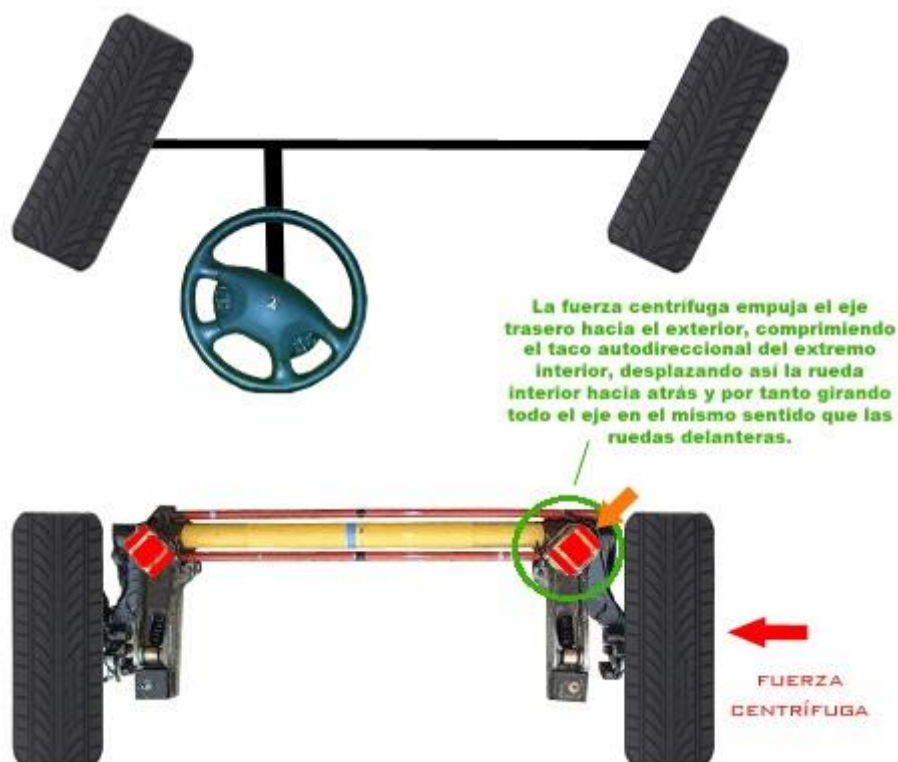


Ilustración 3: eje trasero direccional Citroën ZX 1[2]

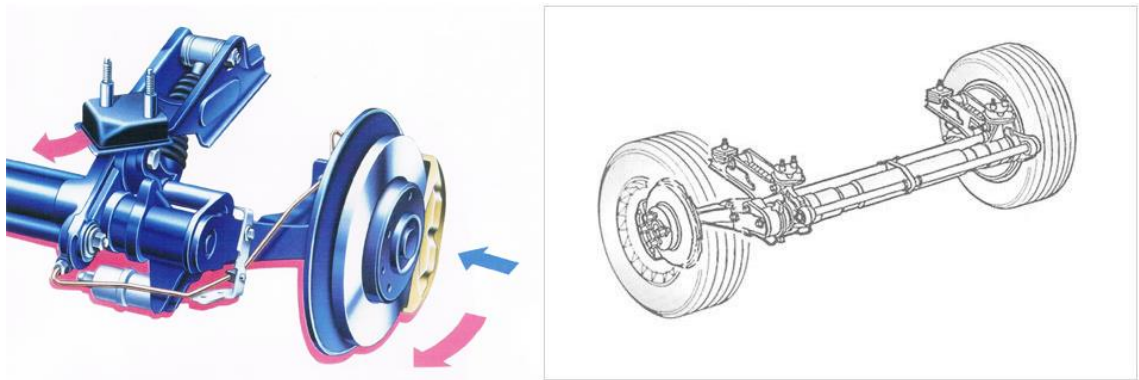


Ilustración 4: eje trasero direccional Citroën ZX 2 [3]

-En la actualidad ZF el fabricante alemán de equipos y componentes para automóviles ha desarrollado un sistema puntero en cuanto a dirección del eje trasero se refiere. El sistema AKC o active kinematics control (control activo de la cinemática).

El sistema posee dos modos de funcionamiento:

El primero pensado para aportar mayor maniobrabilidad en entornos urbanos, donde la velocidad no supera los 60 km/h. En estas situaciones, el eje trasero gira hasta 3 grados en sentido contrario al eje delantero, esto puede reducir el radio de giro de un vehículo hasta un 10%, por lo que simplifica en gran medida el moverse a través de entornos reducidos.

El segundo modo de funcionamiento, se acciona cuando el vehículo circula a velocidades más elevadas, a partir de los 60 km/h. Cuando traza curvas a estas velocidades, las ruedas traseras giran en la misma dirección que las delanteras, esto conlleva una gran mejora en la estabilidad direccional y la dinámica de conducción.

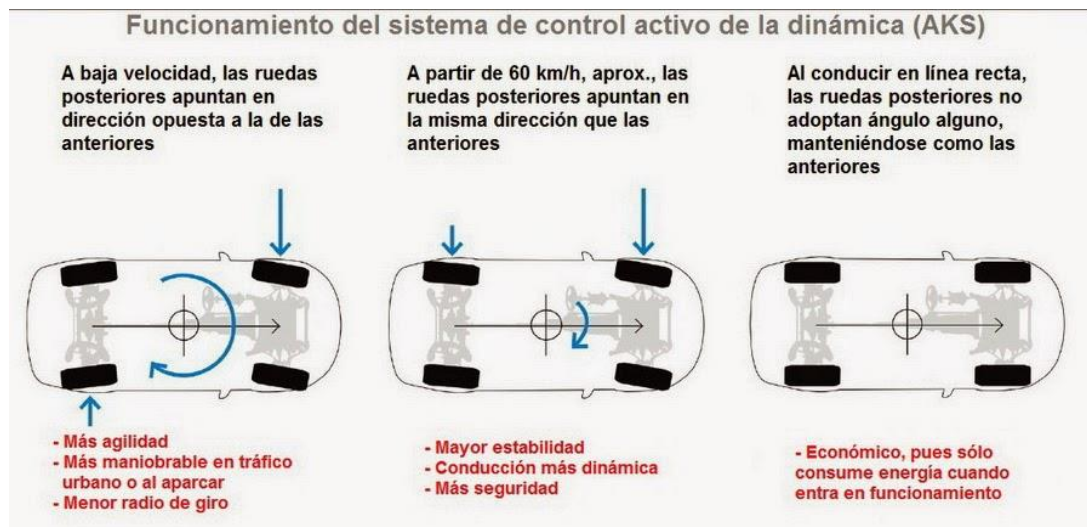


Ilustración 5: Funcionamiento del sistema AKC [4]

La variación de la convergencia de las ruedas del eje trasero se consigue mediante actuadores electromecánicos que mueven un brazo regulable longitudinalmente. Todo ello sin conexión mecánica al volante. Los actuadores son controlados por un software integrado en la electrónica mediante un sistema “by-wire”, lo que hace posible interconectar el AKC con otros sistemas activos como el ESP mejorando así el comportamiento del automóvil y aumentando su seguridad.

Encontramos dos versiones del sistema, dependiendo del espacio disponible y de la exigencia. La primera con un actuador central y la segunda con dos actuadores, uno en la parte izquierda y otro en la derecha.



Ilustración 6: Versión del sistema AKC con dos actuadores [5]



Ilustración 7: Versión del sistema AKC con un actuador [6]

3.3 Dirección asistida eléctricamente

La Dirección asistida Eléctricamente (EPS Electric Power Steering) ha sustituido la dirección hidráulica en muchos vehículos nuevos hoy en día. Una de las ventajas de la dirección asistida eléctrica es que elimina la bomba de dirección asistida, que puede utilizar hasta 8 a 10 caballos de fuerza bajo carga. Esto mejora la economía de combustible, al tiempo que elimina el peso y el volumen de la bomba de dirección asistida y las mangueras. Deshacerse de la hidráulica también elimina las fugas de líquido y la necesidad de comprobar el líquido de dirección asistida. La dirección asistida eléctrica es también más silenciosa que los sistemas hidráulicos porque no hay ruido de la bomba, ni flujo de fluido a través de las mangueras y válvulas. Pero la diferencia más notable es en el manejo y el refinamiento de la dirección.

La EPS se puede ajustar con una precisión que es difícil de combinar con los controles hidráulicos. Mediante la supervisión de las entradas de dirección del conductor, la velocidad del vehículo y otras dinámicas de suspensión, el sistema

puede proporcionar la cantidad justa de sensación y esfuerzo de dirección para adaptarse a las condiciones de conducción rápidamente cambiantes. La EPS puede ofrecer un esfuerzo adicional cuando lo necesite y reducir el esfuerzo de dirección cuando no lo necesite. Incluso puede proporcionar asistencia de dirección cuando el motor está apagado.

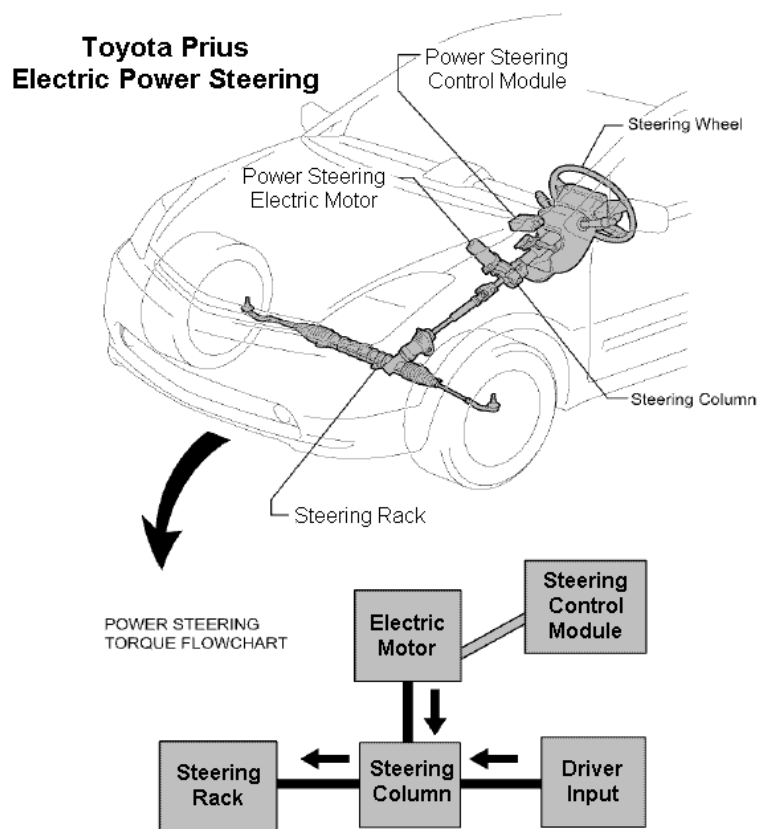


Ilustración 8: dirección asistida eléctricamente (Toyota Prius) [7]

Aunque algunos de los antiguos sistemas de dirección asistida eléctrica eran en realidad "electrohidráulicos" y utilizaban un motor eléctrico para accionar una bomba hidráulica convencional, la última generación de EPS es eléctrica / electrónica. El propio aparato de gobierno es un bastidor manual con un motor eléctrico montado en la columna de dirección o en el bastidor.

Cuando el conductor gira el volante, un sensor de dirección detecta la posición y la velocidad de rotación del mismo. Esta información junto con la entrada de un sensor de par de dirección montado en el eje de dirección, alimenta al módulo de control

de dirección asistida. Otros factores como la velocidad del vehículo y las entradas de los sistemas de control de la tracción o de estabilidad se toman en cuenta para determinar la cantidad de asistencia de dirección que se requiere. El módulo de control entonces ordena al motor girar una cierta cantidad, y un sensor en el motor proporciona realimentación al módulo de control para que pueda controlar la posición del motor.

3.4 Sistema de dirección por cable

Las configuraciones de dirección asistida eléctricamente no han reemplazado completamente la asistencia hidráulica tradicional en los vehículos modernos, pero incluso esa tecnología relativamente nueva pronto estará obsoleta, gracias a fabricantes como Nissan, la marca japonesa ha diseñado un nuevo sistema de dirección por cable (SBW, steer by wire) que aplaca los temores que había sobre esta tecnología.

Los sistemas de dirección mecánicos no habían sido sustituidos completamente por direcciones eléctricas por una buena razón, la idea de que las ruedas no puedan responder a las órdenes del conductor ante un problema de la computadora.

Sin embargo, este nuevo sistema de Nissan incluye un embrague a prueba de fallos en su columna. En situaciones de conducción normales, este embrague se desacopla, pero si uno de los tres módulos de control detecta un fallo, el embrague se cierra y la dirección actúa como un sistema de cremallera y piñón asistido eléctricamente convencional.

Dos motores auxiliares montados en 90 grados a cada lado, un sensor de fuerza de dirección y tres módulos de control comprenden los demás componentes del SBW. El sensor de fuerza de dirección comunica el ángulo de dirección deseado del conductor a los motores auxiliares a través de los módulos de control.

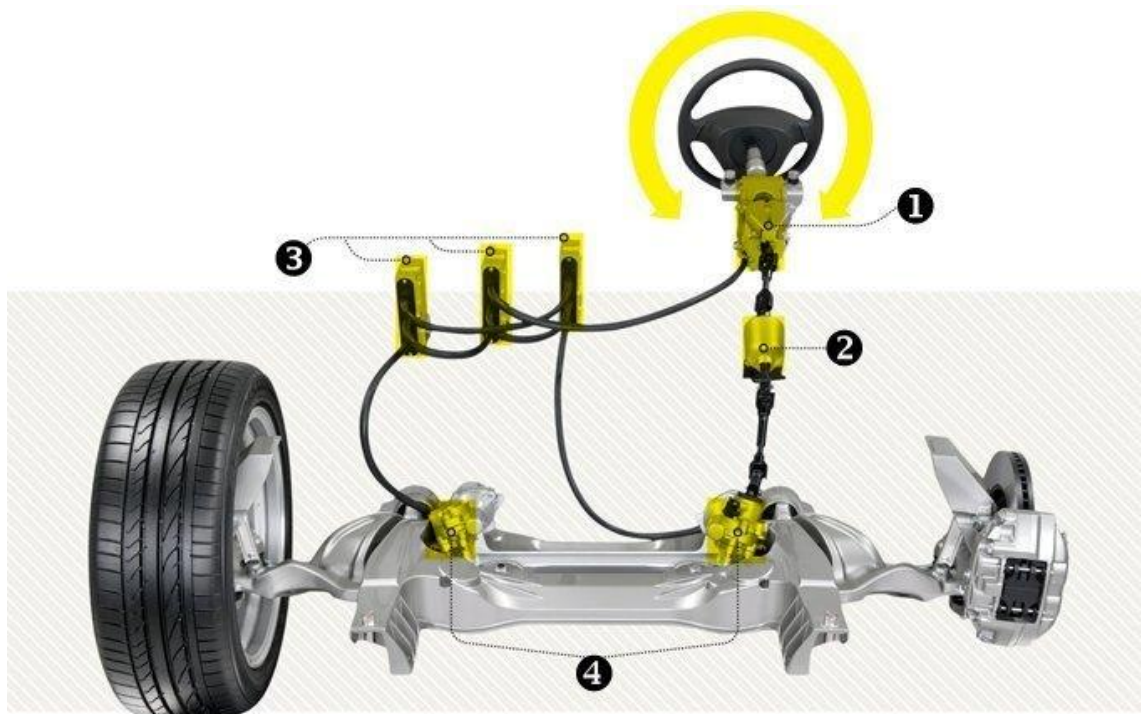


Ilustración 9: Dirección eléctrica por cable sin columna de dirección [8]

1-Sensor de forma de la dirección

Envía comandos a los módulos de control y actúa como fuente de realimentación del conductor variando la resistencia a la rueda.

2- Embrague

La mayor parte del tiempo está abierto. Los fallos en la electrónica le obligan a cerrarse, creando una sólida conexión mecánica entre el volante y el bastidor.

3-Modulos de control

Controlan los motores de asistencia eléctrica y el sensor de fuerza de dirección.

4-Mototres de dirección

Entre los beneficios del SBW encontramos la mejor respuesta del coche ante las órdenes de entrada del conductor en la dirección, además el sistema aísla completamente al conductor de los impactos de la carretera. El aumento de la seguridad es otro beneficio potencial.

3.5 Emergency steering control

También en el sentido de evitar colisiones con peatones o ciclistas, Honda ha desarrollado su sistema, honda sensing steering, este sistema englobado en la tecnología emergency steering control, proporciona advertencias audibles y visuales al conductor ante la predicción de una colisión, y si este no responde a tales señales el sistema toma el control de la dirección como último recurso para poder evitar el atropello.

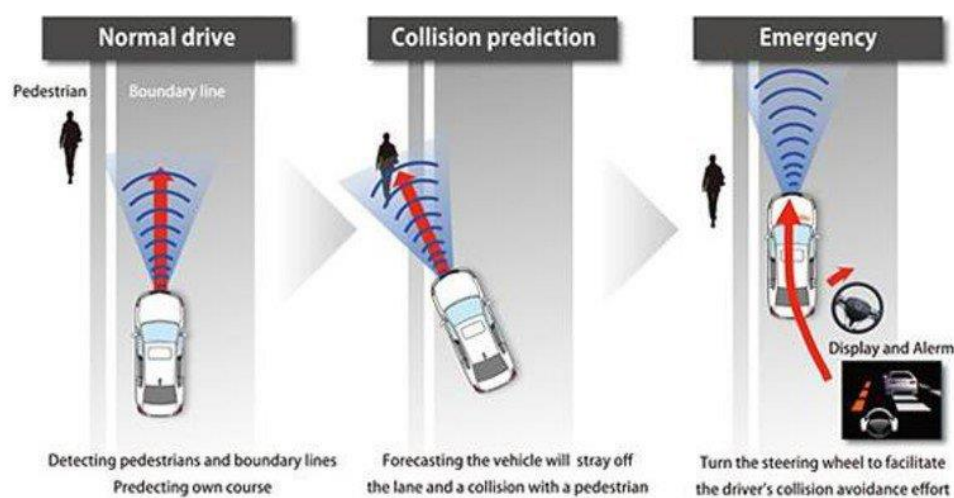


Ilustración 10: Funcionamiento del sistema de control de emergencia de la dirección [9]

Este sistema funciona en colaboración con el AEB y el control de carril para ofrecer la mayor seguridad posible al conductor.

El sistema consta de dos tipos diferentes de sensores: un radar de ondas milimétricas situado dentro de la parrilla delantera y una cámara monocular montada en la parte interior superior del parabrisas.

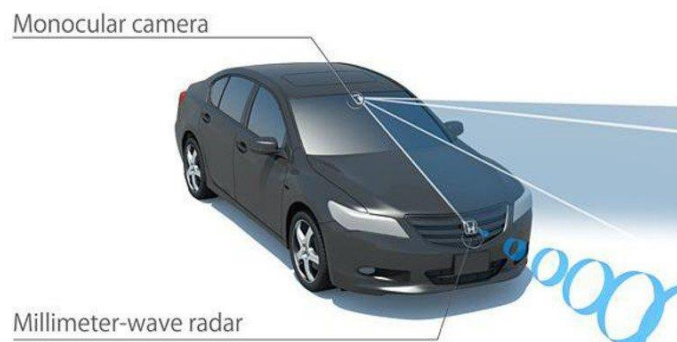


Ilustración 11: Sensores del sistema de control de dirección de emergencia [10]

3.6 IPAS sistema de ayuda al estacionamiento

El IPAS (Intelligent parking assist system) o sistema inteligente de ayuda al estacionamiento, es una tecnología que proporciona asistencia a los conductores para estacionar su vehículo de manera eficiente sin causar ningún daño. Fue desarrollado por Toyota motor corporation en 1999, y se implanto inicialmente en los modelos de Lexus y Prius. En la actualidad multitud de fabricantes incluyen sistemas de ayuda al estacionamiento en sus vehículos.

El sistema IPAS utiliza procesadores informáticos que están conectados al sonar, cámaras y sensores que se fijan en los parachoques delanteros y traseros.

Estos sensores están conectados para detectar los obstáculos y ayudar a la computadora a dirigir el vehículo en ángulos perfectos, necesarios para aparcar el vehículo.

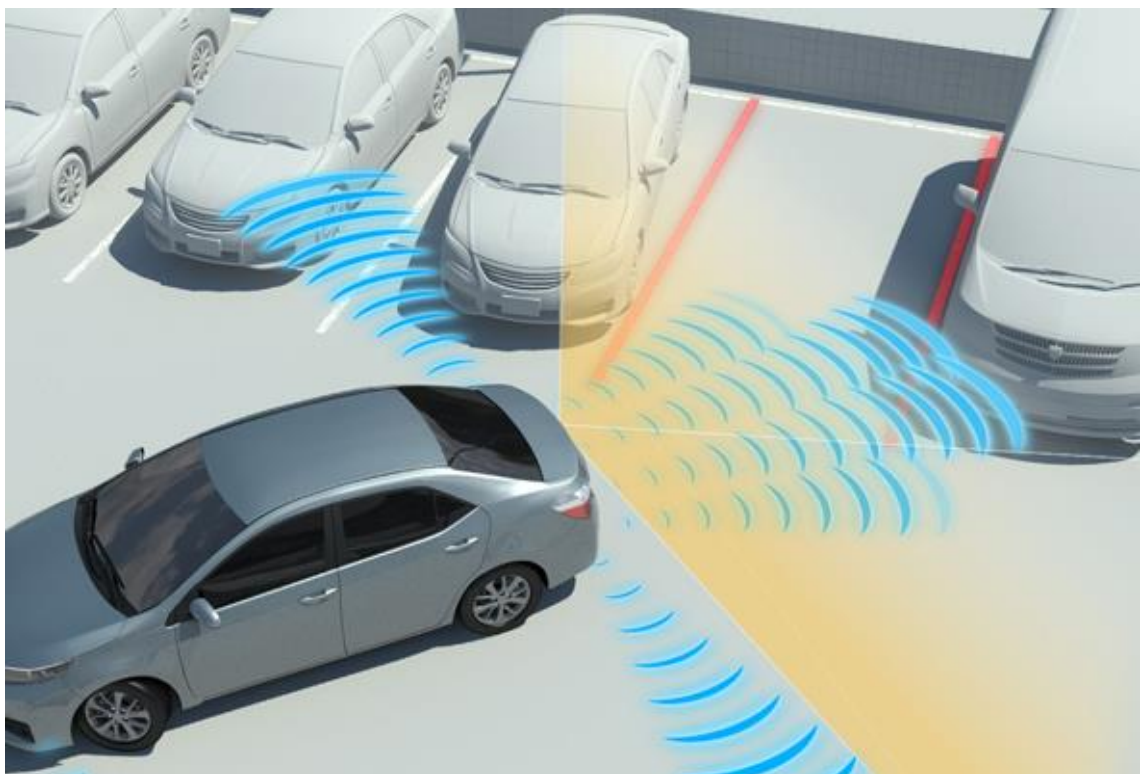


Ilustración 12: Sistema inteligente de ayuda al estacionamiento [11]

Estos sensores a su vez están conectados a otros sensores que trabajan con el chip de procesamiento central, que muestran la información sobre el estacionamiento al conductor a través de sistemas de imagen.

Cuando el sistema de asistencia automática de aparcamiento se activa, el procesador del ordenador comienza a calcular los ángulos de las operaciones para aparcar el coche en una posición inversa o paralela y luego se integra con el sistema de dirección del coche lo que le permite aparcar de manera eficiente por sí mismo.

3.7 ABS Sistema antibloqueo de frenos

En una frenada brusca, corremos el riesgo de que las ruedas se bloquen y perdamos el gobierno sobre la dirección, una situación que puede provocar un fatal desenlace, como no poder esquivar un peatón, otro coche o que nos precipitemos por un acantilado. Para solucionar esta problemática situación, surge la idea del ABS, anti lock braking system o sistema anti bloqueo de frenos.

Los sistemas de frenos antibloqueo fueron desarrollados por primera vez para aviones en 1929 por el pionero del automóvil y de la aviación Gabriel Voisin. En 1936 las compañías alemanas Bosch y Mercedes-Benz comenzaron a desarrollar la idea, aplicándola a vehículos automóviles, pero hasta 1970 no fue cuando el sistema ABS comenzó a desarrollarse de manera efectiva, gracias a los avances en la electrónica.

Actualmente todos los vehículos que salen al mercado disponen de este sistema antibloqueo, medida obligatoria en la unión europea.

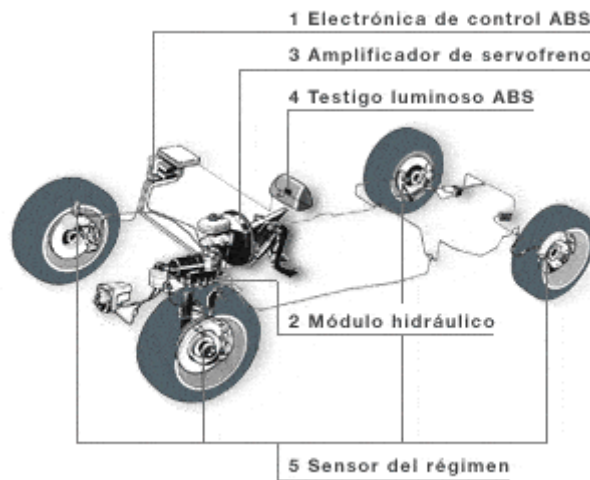


Ilustración 13: Sistema ABS [12]

El ABS funciona de forma automática, sin que el conductor tenga que actuar sobre la presión que aplica al pedal. Los sensores de velocidad de las ruedas detectan el bloqueo y envían las órdenes para cambiar la presión de frenado, que varía de forma inmediata adaptándose a los requerimientos. Los sistemas ABS modernos realizan cambios de presión unas 15 o 18 veces por segundo, aunque el pedal de freno este pisado a fondo.

El ABS es controlado por el sistema de mando. En caso de perturbaciones, el dispositivo apaga el ABS y activa el testigo para informar al conductor de que en ese momento el sistema ABS no está disponible.

3.8 ESP control de estabilidad

El 80 por ciento de los fabricantes de vehículos europeos utiliza el acrónimo ESP (Elektronisches Stabilitätsprogramm) para referirse al programa de estabilidad electrónica, aunque otros fabricantes utilizan diferentes nombres para referirse al mismo sistema, tales como DSC (control dinámico de estabilidad), VSA (Vehicle Stability Assist) o VSC (Vehicle Stability Control). La funcionalidad y funcionamiento, así como la ganancia que proporcionan en seguridad de conducción es la misma.

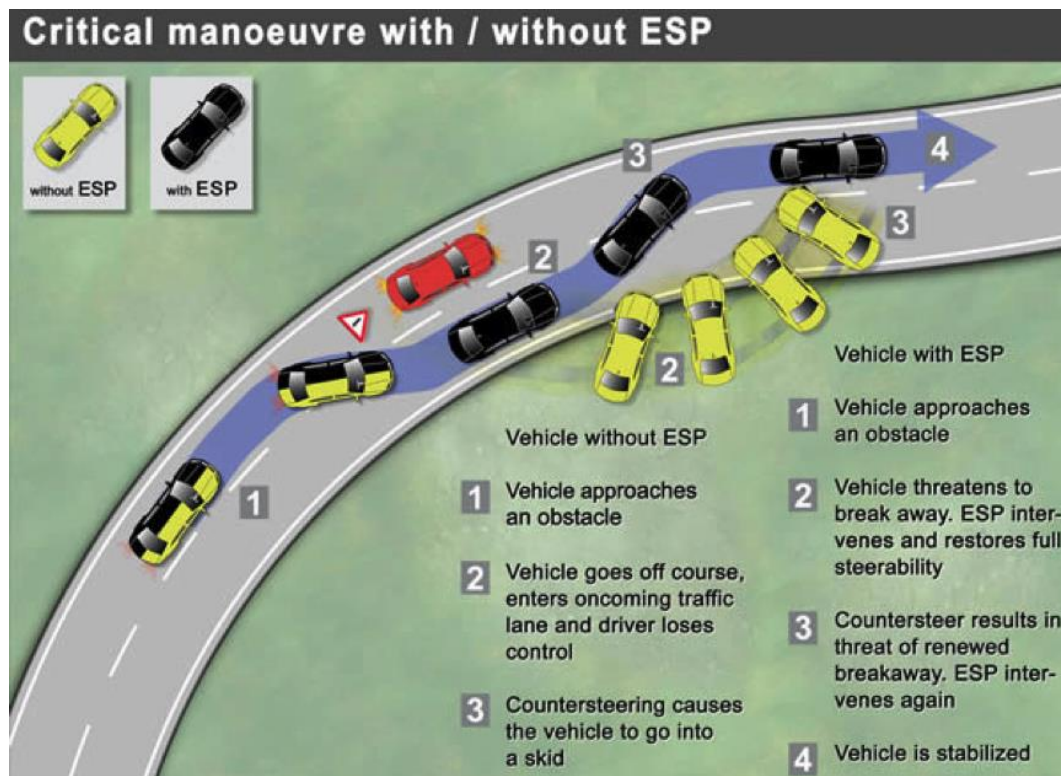


Ilustración 14: Comparación entre vehículos con ESP y sin el [13]

Como funciona:

El derrape es una de las principales causas de los accidentes de tráfico, estudios internacionales muestran que al menos el 40 por ciento de todos los accidentes mortales de tráfico son causados por el derrape. El ESP podría prevenir hasta el 80 por ciento de estos accidentes. El ESP reconoce si el patinaje es inminente e interviene rápidamente. El conductor consigue mantener el control del vehículo y no derrapa siempre que no se excedan los límites físicos.

El ESP siempre está activo, un micro ordenador supervisa las señales de los sensores del ESP y comprueba 25 veces por segundo si las órdenes a la dirección por parte del conductor se corresponden a la dirección real en la que se mueve el vehículo. Si no es así el ESP detecta la situación crítica y reacciona inmediatamente independientemente del conductor. Utiliza el sistema de frenado del vehículo para “guiar” el vehículo de vuelta a la pista. Con estas intervenciones de frenado selectivas, el ESP genera la fuerza de contrarrestar deseada, de modo que el automóvil reacciona como el conductor desea. El ESP no sólo inicia la

intervención de frenado, sino que también puede intervenir en el lado del motor para acelerar las ruedas motrices. Por lo tanto, dentro de los límites de la física, el coche se mantiene con seguridad en la pista deseada.

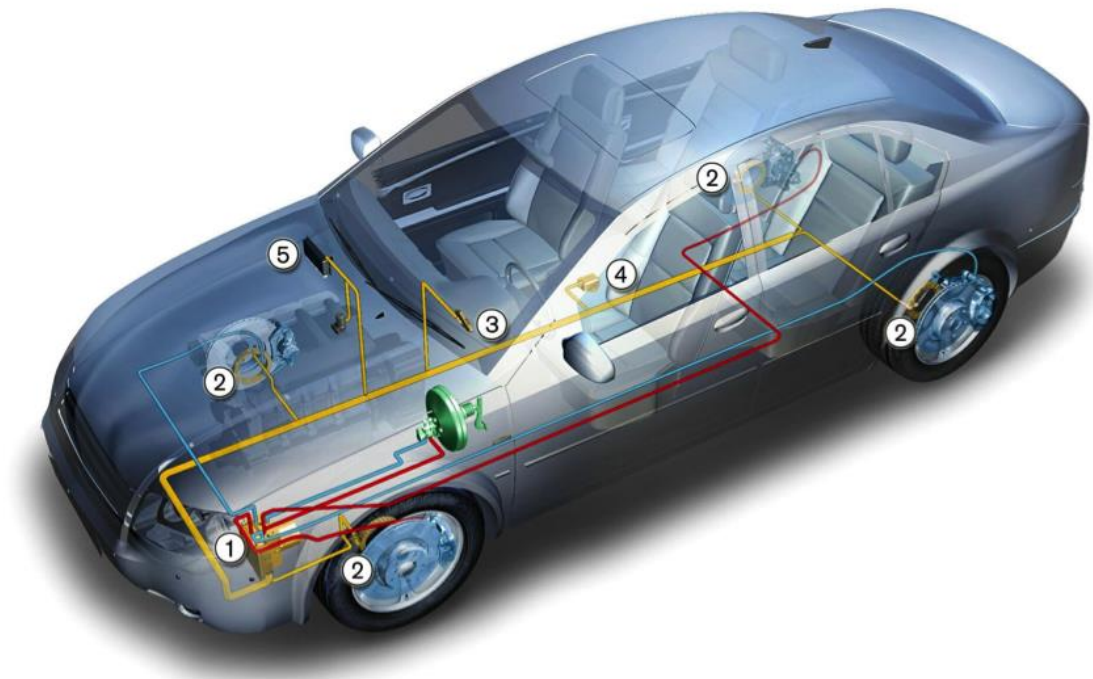


Ilustración 15: Componentes ESP [14]

Componentes:

Unidad hidráulica integrada:

La unidad hidráulica ejecuta las órdenes de la unidad de control y regula, a través de las válvulas de solenoide, la presión en los frenos de las ruedas. El modulador hidráulico es la conexión hidráulica entre el cilindro maestro y los cilindros de la rueda. Se encuentra en el compartimento del motor. La unidad de control asume las tareas eléctricas y electrónicas, así como todas las funciones de control del sistema.

Sensor de velocidad de la rueda:

La unidad de control utiliza las señales de los sensores para calcular la velocidad de las ruedas. Se utilizan dos principios de funcionamiento diferentes: sensores de velocidad de rueda pasivos y activos (sensores inductivos y de efecto Hall). Ambos miden la velocidad de la rueda a través de campos magnéticos. Hoy en día se emplean principalmente sensores activos. Pueden identificar tanto la dirección de rotación como la parada de una rueda.

Sensor de ángulo de dirección:

La tarea del sensor de ángulo de dirección es medir la posición del volante determinando el ángulo de dirección.

Sensor de velocidad y sensor de aceleración lateral:

Un sensor de velocidad de giro registra todos los movimientos del vehículo alrededor de su eje vertical. En combinación con el sensor de aceleración lateral integrado, se puede determinar el estado del vehículo (estado real) y compararlo con la intención del conductor.

Comunicación con la gestión del motor

A través del bus de datos, la unidad de control ESP puede comunicarse con la unidad de control del motor. De esta manera, el par motor puede reducirse si el conductor acelera demasiado en ciertas situaciones de conducción.

3.9 Autonomous emergency braking (AEB)

Las colisiones por alcances, atropellos de peatones y ciclistas abarcan un gran porcentaje de los accidentes ocurridos en las carreteras, muchos de estos, son causados por distracciones, mala visibilidad, o situaciones difíciles de predecir como un conductor que realiza una maniobra repentina o un peatón que cruza la calle sin prestar atención. La mayoría de las personas no son capaces de lidiar con estas situaciones críticas y no aplican la suficiente fuerza de frenado para evitar una colisión o no tienen tiempo suficiente para reaccionar.

Por este motivo varios fabricantes han desarrollado tecnologías que pueden ayudar al conductor a evitar este tipo de accidentes o al menos reducir su gravedad.

El AEB (autonomous emergency braking) es uno de ellos. El sistema mejora la seguridad de dos formas, en primer lugar, ayuda a detectar situaciones críticas y avisa al conductor mediante señales acústicas y visuales. Si el conductor no responde a los avisos, el sistema toma el control de los frenos y realiza un frenado de emergencia para evitar la colisión.

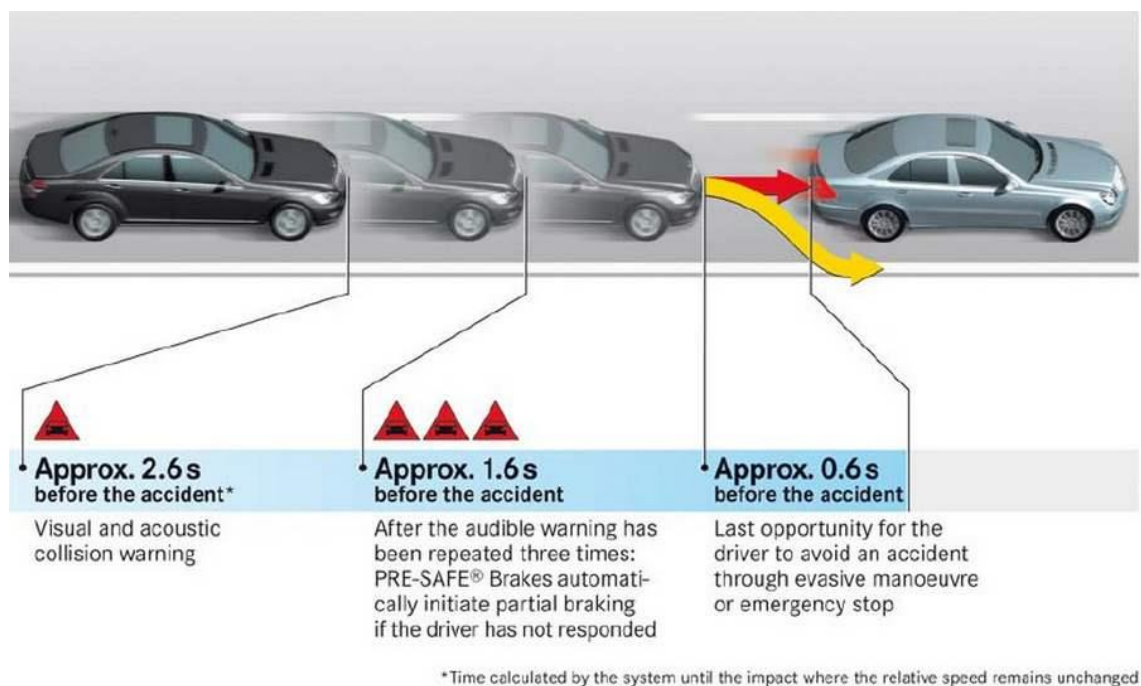


Ilustración 16: Funcionamiento Sistema AEB [15]

Dependiendo del fabricante el sistema AEB dispone de sensores, radar, o cámaras de identificación, que reconocen peligros que se encuentran en las proximidades del vehículo.

En cualquier caso, el objetivo es reducir la velocidad con la que se va a producir la colisión. Algunos sistemas se desactivan en cuanto detectan que el conductor realiza una maniobra evasiva.

3.10 ASR sistema de control de tracción

La regulación antideslizante, o ASR, es una característica secundaria de seguridad que funciona junto al sistema antibloqueo de frenos, o ABS. También llamado sistema de control de tracción o TCS, el ASR ayuda a evitar que las ruedas del vehículo pierdan la tracción mediante un sistema electrohidráulico que controla el motor y los frenos en condiciones adversas de la carretera o si el conductor utiliza una aceleración excesiva y las ruedas deslizan en el pavimento.

El ASR es común en la mayoría de los coches y motocicletas desde alrededor de 1992. Se puede rastrear su historia hasta principios de 1930 cuando Porsche desarrolló el diferencial de deslizamiento limitado, que permite que una rueda gire ligeramente más rápido que las demás para mejorar la tracción. Desde entonces, el ASR ha evolucionado para presentar sistemas que pueden retardar el encendido, reducir el flujo de combustible o reducir el número de cilindros del motor en funcionamiento. Otros sistemas aplican frenos a una rueda individual en lugar de manipular la potencia del motor. Las versiones contemporáneas de ASR combinan el frenado y la potencia del motor para suministrar tracción cuando es necesario.

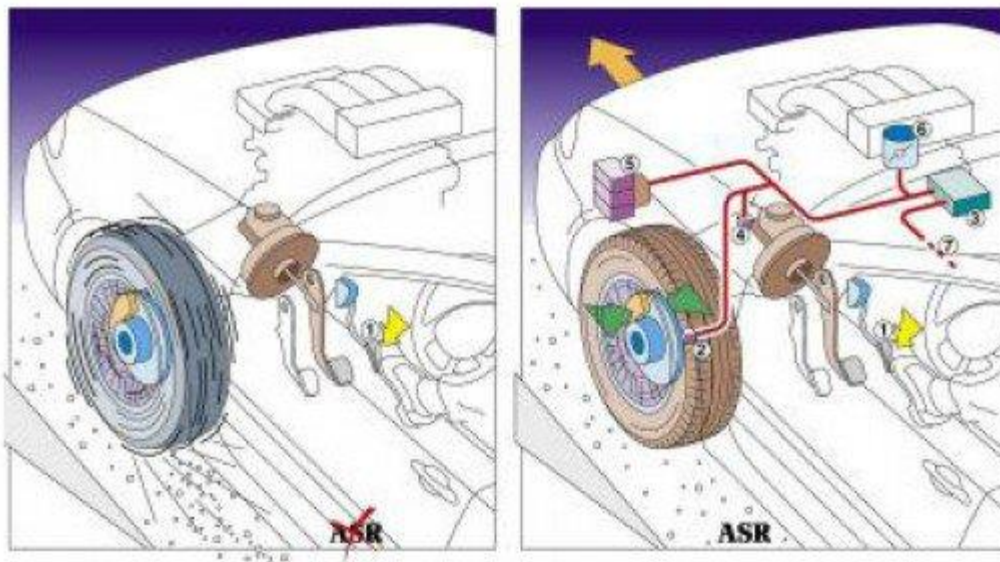


Ilustración 17: Sistema ASR [16]

El ASR ayuda a corregir el error del conductor en condiciones adversas de la carretera. Los conductores pueden usar una aceleración excesiva cuando las

condiciones de la carretera son deficientes, haciendo que las ruedas deslicen. El ASR detiene la rueda giratoria manteniendo la potencia de tracción y limitando la aceleración. La mayoría de los vehículos tienen una luz indicadora para advertir al conductor de condiciones resbaladizas.

La unidad de control del motor (ECU) controla la rotación de las ruedas después del encendido y posterior movimiento del vehículo. La ECU monitorea y compara la aceleración y velocidad de las ruedas accionadas con las ruedas no accionadas. La ECU activa el ASR cuando la rotación de las ruedas excede el umbral de deslizamiento. El ASR activa la válvula de freno diferencial para controlar el cilindro de freno, y se aplica el par de accionamiento del motor a la rueda frenada. Esto hace que la potencia de propulsión de las ruedas no accionadas aumente.

3.11 HDC control de descenso de pendientes

El HDC (Hill Descent Control) control de descenso de pendientes es una característica de seguridad del automóvil diseñada para facilitar el viaje seguro por pendientes pronunciadas. El sistema está destinado principalmente para su uso en terrenos accidentados, pero se puede utilizar siempre que un conductor quiera descender lentamente por una pendiente. Los sistemas de control de descenso de colinas suelen estar diseñados para que sólo puedan activarse si el vehículo circula a una velocidad menor de 30 Km/h.

El primer sistema de control de descenso de colinas fue desarrollado por Bosch para Land Rover, que lo introdujo como una característica de su modelo Freelander. Cuando se introdujo por primera vez, este sistema sólo podía mantener su vehículo a una velocidad específica, pero debido a los avances recientes en la electrónica, muchos sistemas ahora se pueden controlar con los botones de velocidad de control de crucero.

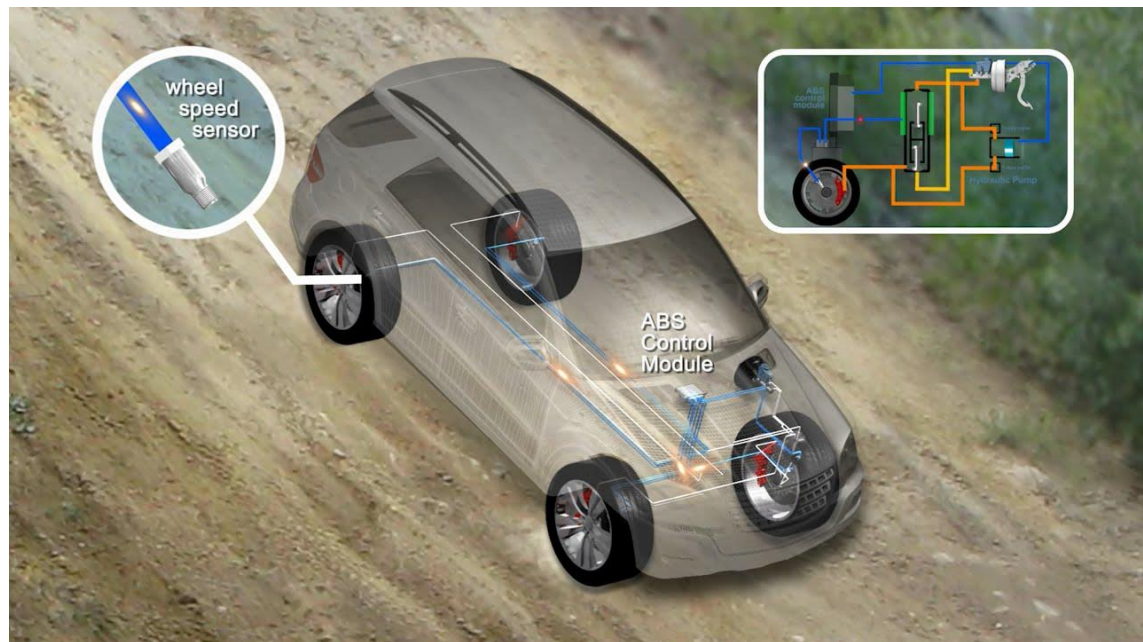


Ilustración 18: Sistema HDC [17]

El funcionamiento del control de descenso de colinas es muy similar a la forma en que funcionan el control de tracción y el control electrónico de estabilidad.

Al igual que estos sistemas, el HDC tiene la capacidad de interactuar con el hardware del ABS y activar los frenos sin ninguna entrada del conductor. Cada rueda puede ser controlada independientemente de esta manera, lo que permite al sistema de control de descenso de colinas mantener la tracción bloqueando o soltando ruedas individualmente según sea necesario. Algunos vehículos también pueden utilizar el control del acelerador del motor y la transmisión, además del sistema de frenado.

Cuando se cumplen todos los requisitos previos, el control de descenso de pendientes puede activarse pulsando un botón. El botón suele estar ubicado en la consola central, debajo del panel de instrumentos, o en cualquier otro lugar.

4 Descripción del vehículo a automatizar

4.1 Introducción

El objetivo de este proyecto es la automatización de los frenos y la dirección de un vehículo autónomo, Dicho vehículo es un carrito de golf del Departamento de Ingeniería Mecánica de la universidad Carlos III de Madrid.

4.2 Descripción general del Vehículo

El vehículo es un carrito de golf E-Z-GO de la compañía Textron modelo del 2001.

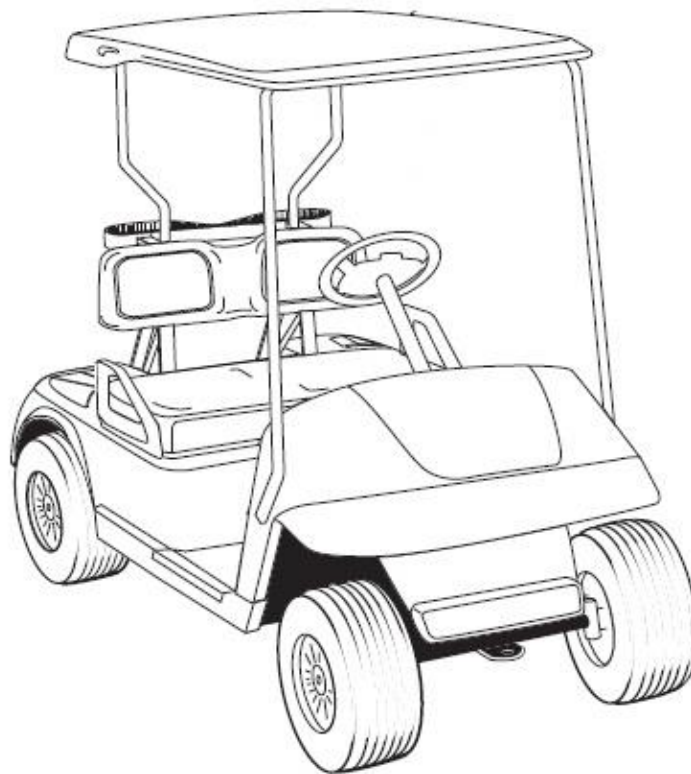


Ilustración 19: vehículo E-Z-GO [18]

Existen distintos modelos de carritos de la marca EZGO, a continuación, se detallan las especificaciones generales del modelo en cuestión, su equipo estándar y las distintas opciones y accesorios.

Tabla 1: Equipo estándar [1]

BATERIAS	Ciclo profundo de 6 Voltios (105 minutos mínimo, 220 Amp/hora @ 20 horas descarga)
CONTROLADOR DE VELOCIDAD	Estado sólido, 300 Amp de capacidad con sensor de acelerador inductivo sin contacto
MOTOR	36 VCC, bobinado en serie, no venteado 1,9 kw @ 2700 rpm (1 hora) armadura cobre soldada y bobinado de cobre sólido
EJE TRANSVERSAL	Engranajes helicoidales 12.44:1 con eje de piñones de entada conectado directamente al eje motriz
FRENOS	Frenos de tambor mecánicos autoajustables en las dos ruedas traseras.
FRENO DE ESTACIONAMIENTO	Soltador automático del freno de estacionamiento con sistema auto compensador
SUSPENSION DELANTERA	Ballestas con amortiguadores hidráulicos
SUSPENSION TRASERA	Ballestas con amortiguadores hidráulicos
DIRECCION	Engranaje de cremallera de reducción simple
VOLANTE	Empuñadura doble, soporte para bolígrafo y soporte para tarjeta de puntuaciones
ASIENTOS	Asiento de espuma, forro de vinilo, protección para caderas, asa de mano
CAPACIDAD DE LOS ASIENTOS	Operador y 1 pasajero
CAPACIDAD TOTAL DE CARGA	360 kg incluyendo operador, pasajero, accesorios y carga
VELOCIDAD	19 - 23 km/h
CHASIS	Acero tubular soldado, revestido con pintura pulverizada (DuraShield™)
CARROCERIA	Flexible, TPE (elastómero termoplástico) moldeado por inyección resistente a impactos DuraShield™ con capa de base/capa transparente
COLORES DE SERIE	Champán/Verde
TABLERO	Plástico reforzado de fibra de vidrio anti rasguños (Olefina termoplástica) con 4 soportes para bebidas y espacio para tee y pelotas
NEUMATICOS	18 x 8.50 - 8 (4 capas) gama B de carga
PRESION DE NEUMATICOS	124-152 kPa
PESO (sin baterías)	250 kg

CONTROLES OPERATIVOS E INSTRUMENTACION	Llave extraíble, Control de seguridad del acelerador, selector de dirección, advertencia sonora de marcha atrás
CARGADOR DE LA BATERIA	PowerWiseTM de 36V, 110-120 VCA, totalmente automático, compensación de línea, salida CC de 21 Amp a 36 V, entrada de 9,5 Amp, 60 Hz. Cargador antirrobo/interbloqueo del vehículo. UL, Certificación CSA

Tabla 2: OPCIONES/ACCESORIOS [2]

Accesorio para 2 bolsas
Accesorio para 4 bolsas
4 juegos para remolque
Etiquetas
Cenicero
Forro para bolsa
Cesto, centro
Cesta, lados
Baterías 135 minutos, 250 Amp/hora @ 20 horas descarga
Baterías 145 minutos, 250 Amp/hora @ 20 horas descarga
Baterías GC5
Soporte para arena
Paquete CE
Tazón para refrigerante (sin cesta lateral)
Protección antiarañazos en el diferencial
Reparación Divot (Contenedor de arena y pico requieren cesta lateral)
Reparación Divot (botella de arena, sin cesta lateral)
Contador horario
Cajón para hielos y abrazadera de montaje
Llave de contacto (de encargo)
Llave de contacto (individual)
Soporte para mensajes
Sin cargador
Color de pintura (de encargo)
Cargador PowerWiseTM + Portátil (Mejora del cargador estándar PowerWiseTM)
Suspensión trasera (reforzada)
Espejo trasero (requiere capota)
Juego de botella de arena
Asientos (color especial)
Indicador de estado de la batería (DEL)
Neumáticos
Links
Turf Glide

Turf Saver
Fairway
USA Trail

Capota, (cubierta para sol)

Barra de remolque (desmontable)

Barra de remolque (fija)

Señal de giro con indicador de 4 vías

Recinto protector contra la intemperie

Forros para las ruedas de 20 cm de cromo

Forros para las ruedas de 15 cm Moon

Forros para las ruedas de radios (plateado y negro)

Forros para las ruedas de radios (dorado y negro)

Parabrisas de una pieza (capota requerida)

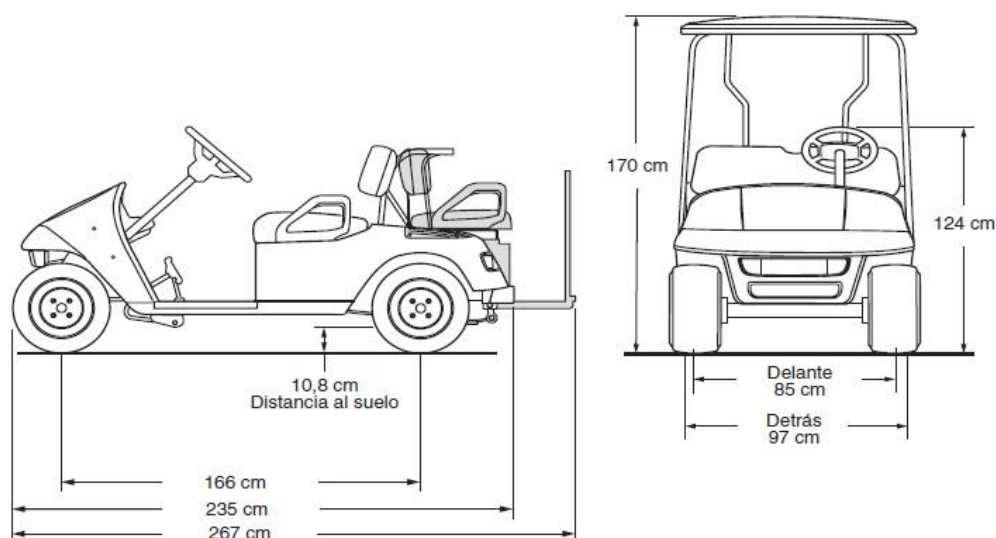
Parabrisas abatible (capota requerida)

Parabrisas trasero

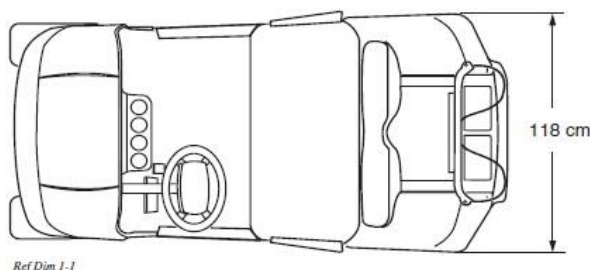
Cargador universal, portátil CE 36 V con enchufe PowerWise™

Cargador universal, portátil Export 36 V con enchufe PowerWise™

Las dimensiones del vehículo se detallan a continuación:



NOTA: La zona sombreada indica SHUTTLE 2+2



Ref Dim 1-1

Ilustración 20: Dimensiones del Vehículo [19]

4.2.1 Frenos

El vehículo está equipado con un sistema de frenos de tambor mecánicos autoajustables en las dos ruedas traseras, y de freno de estacionamiento con un sistema auto compensador, a continuación, se detallan los componentes del sistema de frenado:

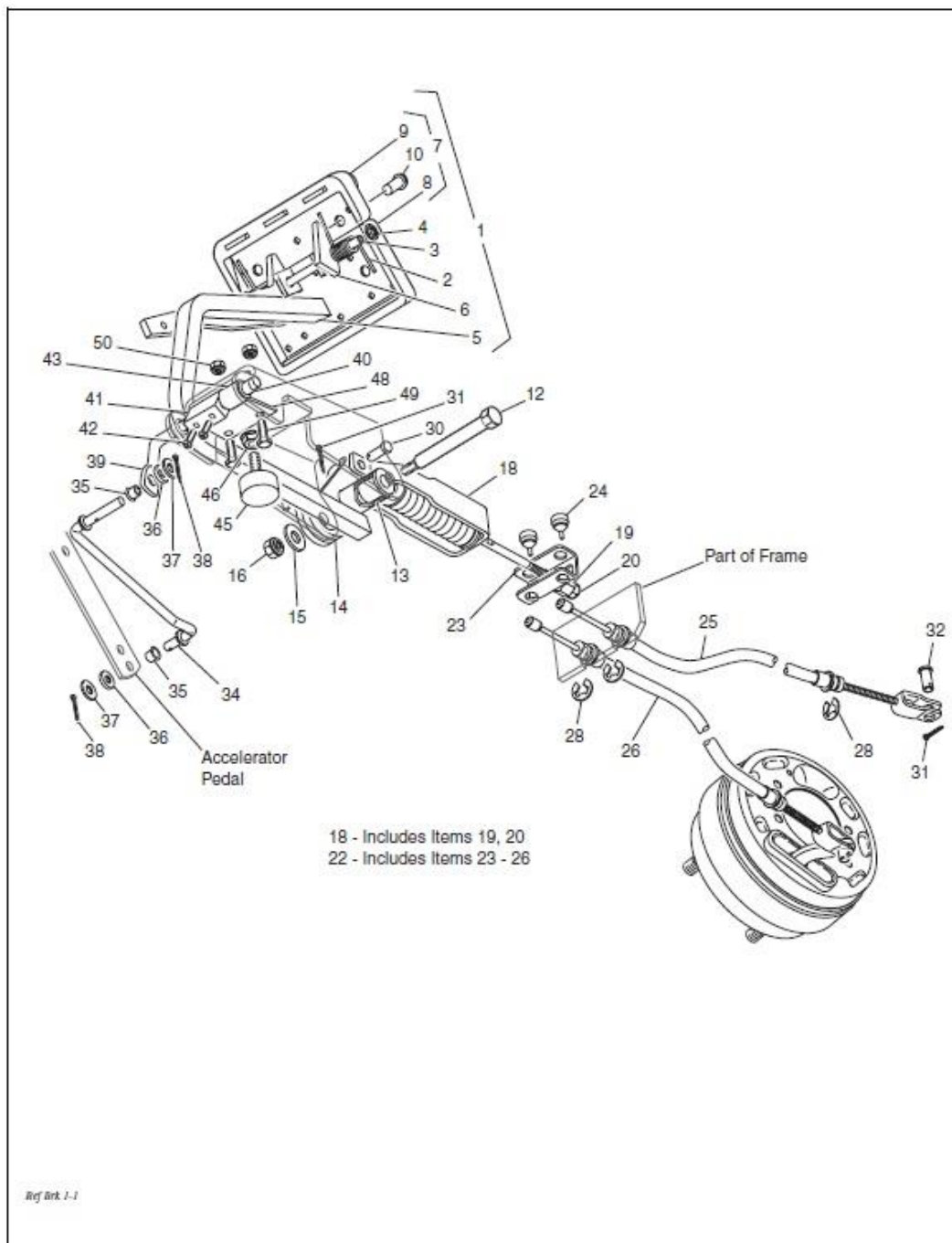


Ilustración 21: conjunto general del sistema de freno [20]

Tabla 3: leyenda del conjunto general del sistema de freno [3]

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	Conjunto pedal de freno (incluye ITEMS 2-10)	1
2	Muelle de torsión	2
3	Pivot pin	1
4	Tuerca empujadora, 5/16"	2
5	Pedal de freno	1
6	Pedal de freno de estacionamiento	1
7	Freno de estacionamiento (incluye ITEMS 8-10)	1
8	Cojinete de freno de servicio	1
9	Cojinete de pedal de freno de estacionamiento	1
10	Remache oval, 3/16"x 7/16" LG	9
12	TORNILLO DE HOMBRO, 3/8 - 16 X 4 "LG (acero inoxidable)	1
13	Buje enrolado	2
14	Muelle de torsión	1
15	Arandela , 3/8"	1
16	Tuerca, 3/8 - 16	1
18	Conjunto del compensador (incluye ítems 19, 20)	1
19	Tuerca esférica, 5/16-24	1
20	Tuerca , 5/16 - 24	1
22	Ecualizador y conjunto de cable de freno (incluye los ITEMS 23-26)	1
23	Soporte de ecualizador	1
24	Bumper compensador de freno	2
25	Cable de freno (lado conductor)	1
26	Cable de freno (lado pasajero)	1
28	Anillo de retención, 4/5" (acero inoxidable)	4
30	Pasador de horquilla 5/16" x 13/16" LG	1
31	Clavija 3/32" x 3/4 " LG	3
32	Pasador de horquilla 5/16" x 5/8" LG	2
34	Enlace de salida	1
35	Buje de nylon	2
36	Arandela Teflón 3/8"	2
37	Arandela 5/6"	2
38	Clavija 3/32" x 3/4 " LG	2
39	Pasador camera de retroceso	1
40	Cojinete de brida	2
41	Camera de retroceso	
42	Setscrew, 1/4 - 20 x 1/2" LG	2
43	Espaciador	1
45	Bumper ajustable	1
46	Tuerca 5/16-18	1
48	Soporte de captura	1
49	Tornillo 1/4 -20 x 3/4 " LG	2
50	Tuerca 1/4-20 (acero inoxidable)	2

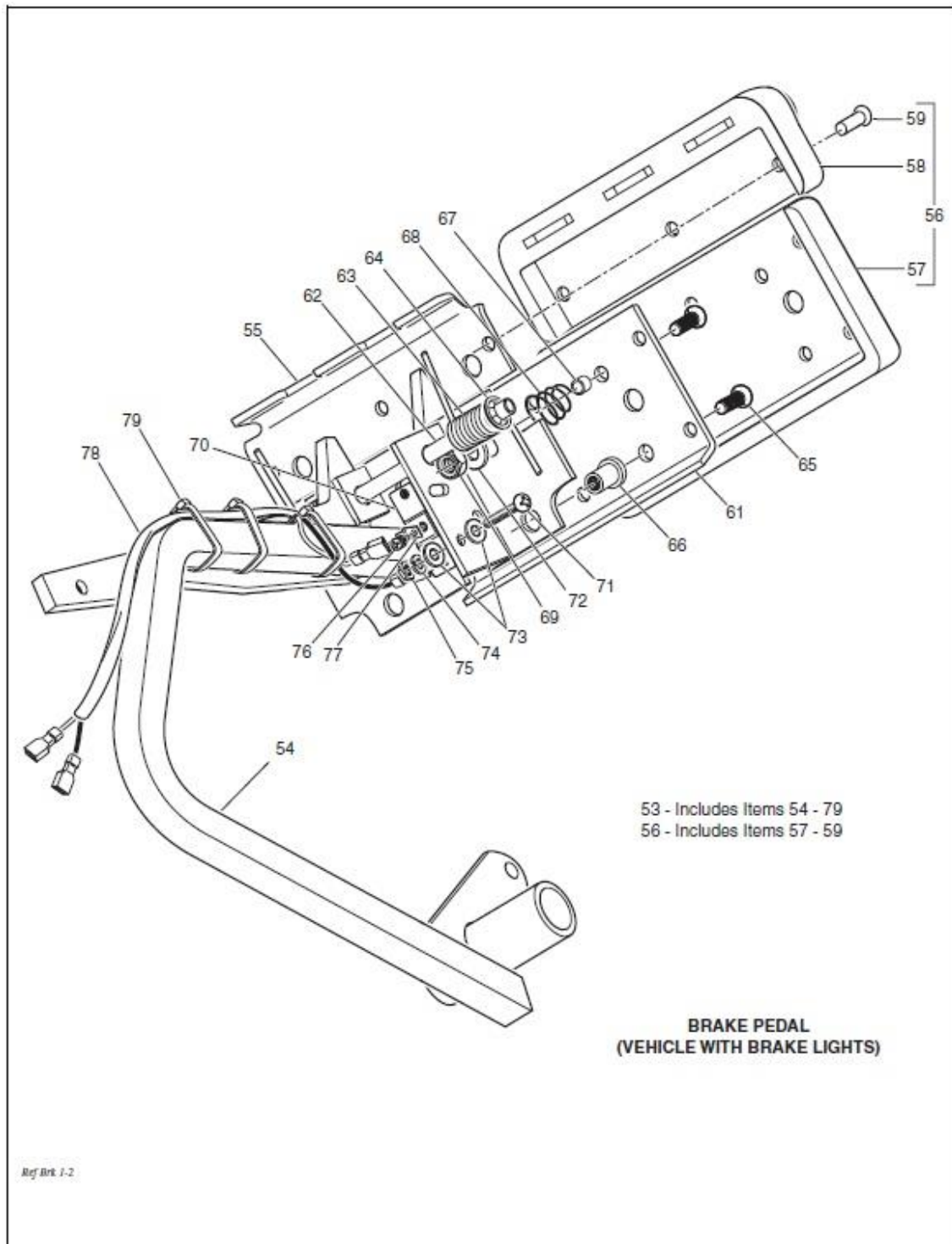


Ilustración 22: Pedal de freno [21]

Tabla 4: Leyenda del conjunto pedal de freno [4]

ITEM	PART NO.	DESCRIPCION	CANTIDAD
53		Conjunto del pedal de freno (incluye ITEMS 54-59)	1
54		Pedal de freno	1
55		Pedal de freno de estacionamiento	1
56		Freno de estacionamiento (incluye ITEMS 57-59)	1
57		Cojinete de freno de servicio	1
58		Cojinete de pedal de freno de estacionamiento	1
59		Remache oval, 3/16"x 7/16" LG	9
60			
61		Placa del pedal de freno	1
62		Pivot pin	1
63		Muelle de torsión	2
64		Tuerca empujadora, 5/16"	1
65		Tornillo #10-24 x 7/8" LG	4
66		Tuerca de goma #10-24	2
67		Brake Pedal Standoff	2
68		Muelle cónico	2
69		Tuerca #10-24	2
70		Micro interruptor	1
71		Tornillo #6-32 x 1 1/4 " LG	2
72		Arandela #10	2
73		Arandela #6	4
74		Arandela de bloqueo #6	2
75		Tuerca #6-32	2
76		Tornillo y arandela de bloqueo #6-32 x 1/4" (latón)	2
77		Push on male terminal	2
78		Cables luz de freno	1
79		Brida	3

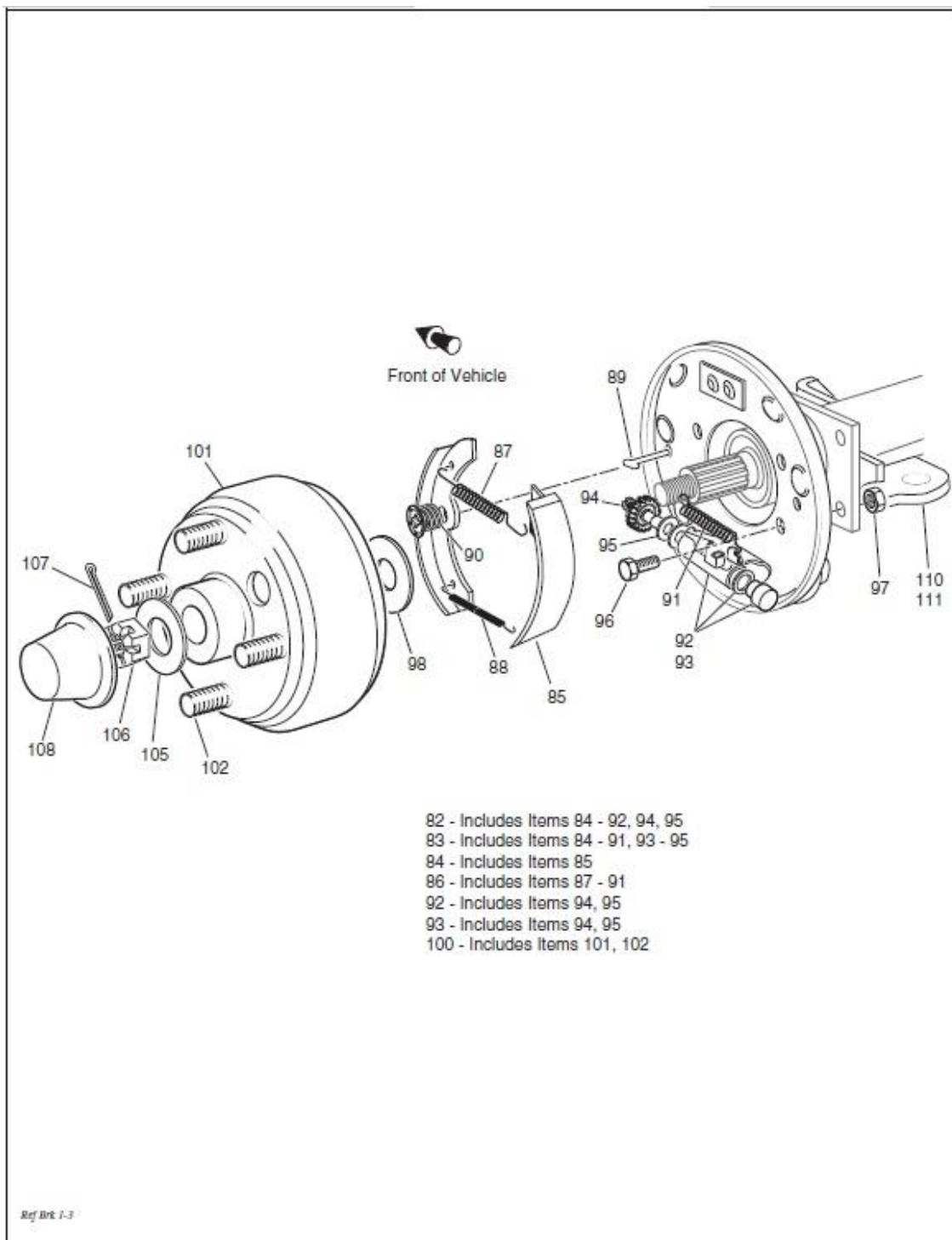


Ilustración 23: Conjunto de freno [22]

Tabla 5: Leyenda conjunto de freno [5]

ITEM	PART NO.	DESCRIPCION	CANTIDAD
82		Conjunto del freno (lado del conductor) (incluye los ítems 84-92, 94-95)	1
83		Conjunto del freno (lado del pasajero) (incluye los ítems 84-91, 93-95)	1
84		Kit zapatas de freno	2
85		Zapata de freno	2
86		Kit de resorte de freno (incluye los ítems 87-91)	2
87		Resorte superior	1
88		Resorte inferior	1
89		pasador	2
90		resorte	2
91		Resorte ajustador	1
92		Kit ajustador del freno(lado del conductor)(incluye ítems 94,95)	1
93		Kit ajustador del freno(lado del pasajero)(incluye ítems 94,95)	1
94		Ajustador	1
95		Arandela de teflón	2
96		Tornillo 5/6-24 x1" LG	8
97		Tuerca 5/16-24	8
98		Arandela 13/16"	2
99			
100		Conjunto del freno de tambor (incluye ítems 101-102)	2
101		Freno de tambor	1
102		Perno 1/2 -20 x 1 3/16" LG	4
103			
104			
105		Arandela 1 3/8" O.D. x 21/32"	2
106		Tuerca almenada 5/8-18	2
107		Clavija 1/8" x 1 1/2" LG	2
108		Casquillo	2
109			
110		Soporte del cable de freno (lado pasajero)	1
111		Soporte del cable de freno (lado conductor)	1

4.2.2 Dirección

En cuanto a la dirección, el vehículo dispone de engranaje de cremallera-Piñón de reducción simple.

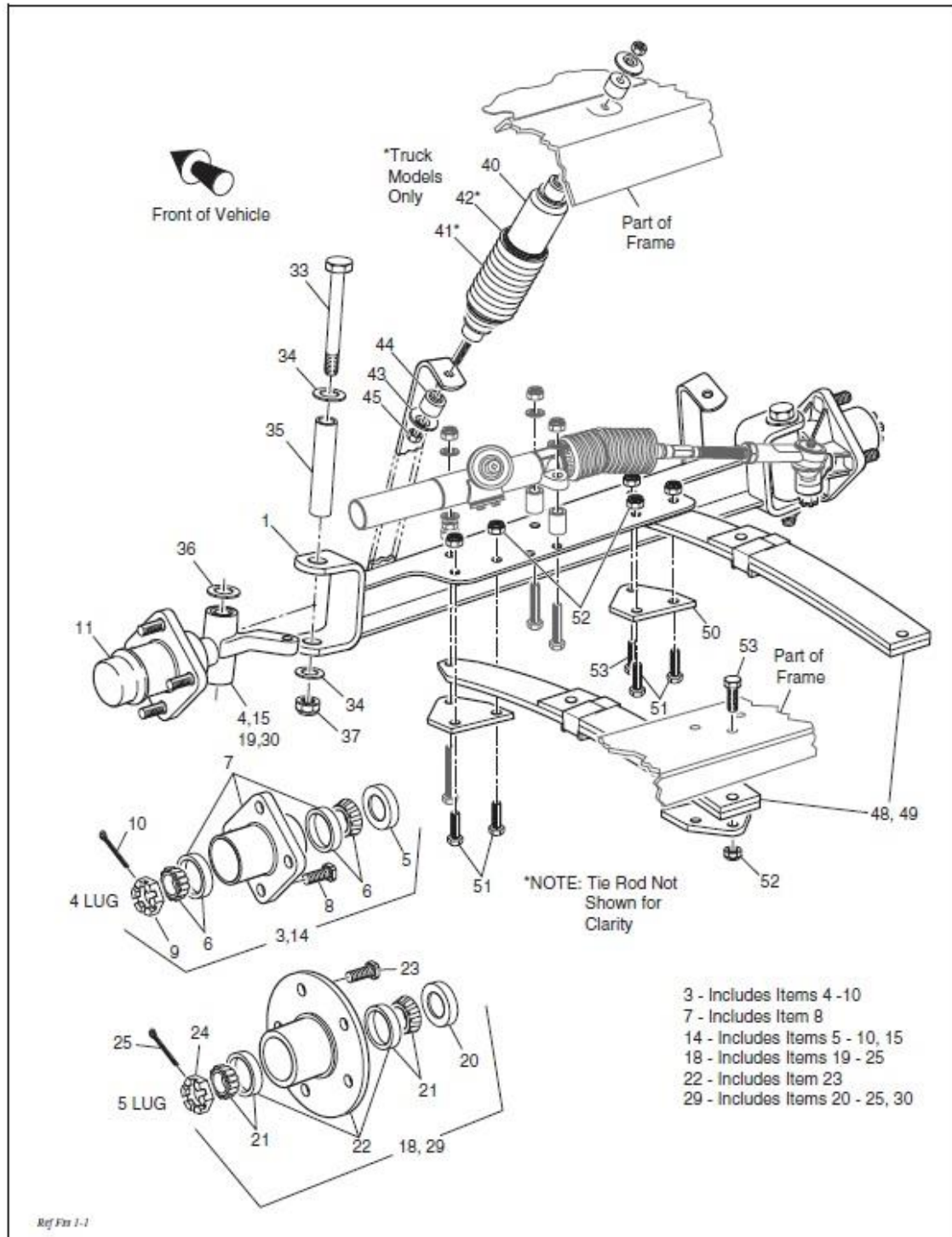


Ilustración 24: Conjunto de la dirección I [23]

Tabla 6: Leyenda Conjunto de la dirección I [6]

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	Eje frontal	1
3	SPINDLE AND HUB ASSEMBLY, 4 LUG (lado pasajero) (incluye los ítems 4-10)	1
4	Montaje del husillo (lado pasajero)	1
5	Sello de grasa	1
6	Rodamiento de cilindros	2
7	WHEEL HUB ASSEMBLY WITH RACES, 4 LUG (INCLUYE ITEM 8)	1
8	Pernos , 1/2 - 20 X 1 3/16" LG	4
9	Tuerca avellanada , 1 - 14	1
10	Clavija, 5/32" X 1 3/4" LG	1
11	casquillo	2
14	SPINDLE AND HUB ASSEMBLY, 4 LUG (lado conductor) (Incluye ITEMS 5 - 10, 15)	1
15	Montaje del husillo (lado conductor)	1
18	SPINDLE AND HUB ASSEMBLY, 5 LUG (lado pasajero) (Incluye ITEMS 19 - 25)	1
19	Montaje del husillo (lado pasajero)	1
20	Sello de grasa	1
21	Rodamiento de cilindros	2
22	WHEEL HUB ASSEMBLY WITH RACES, 5 LUG (INCLUYE ITEM 23)	1
23	Perno , 1/2 - 20 X 1 7/32" LG	5
24	Tuerca avellanada , 1 - 14	1
25	Clavija, 5/32" X 1 3/4" LG	1
29	SPINDLE AND HUB ASSEMBLY, 5 LUG (lado conductor)(INCLUDES ITEMS 20 - 25, 30)	1
30	Montaje del husillo (lado conductor)	1
33	Tornillo 1/2 - 13 X 6" LG	2
34	Arandela 1/2"	4
35	KING PIN TUBE	2
36	Arandela de empuje inoxidable 1"	2
37	Tuerca 1/2 - 13	2
40	Amortiguador	2
41	Guardapolvos del amortiguador	2
42	WIRE TIE	4
43	Arandela del amortiguador	8
44	Buje de goma	8
45	Tuerca, 3/8 - 24	4
48	Ballesta	2
49	Ballesta (pesada)	2
50	Placa de resorte	4
51	Tornillo , 7/16 - 14 X 1 1/2" LG	4
52	Tuerca, 7/16 - 14	11
53	Tornillo, 7/16 - 14 X 1 3/4" LG	7

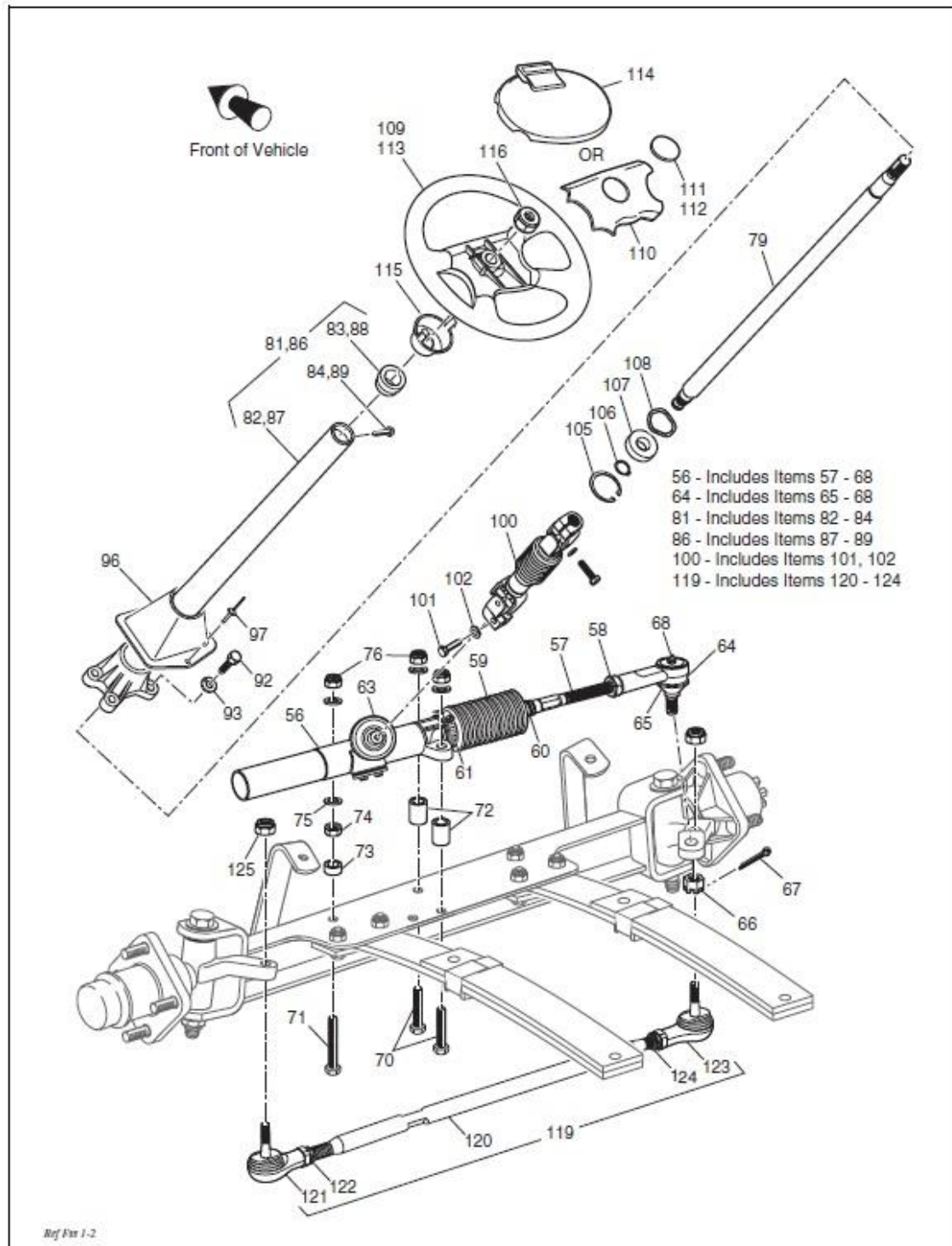


Ilustración 25: Conjunto de la dirección II [24]

Tabla 7: Leyenda Conjunto de la dirección II [7]

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
56	Unidad de piñón y cremallera (incluye ítems 57-68)	1
57	Extensión de la cremallera	1
58	Tuerca JAM 1/2 - 20	1
59	Guardapolvos de la cremallera	1
60	WIRE TIE	1
61	Abrazadera, 1 13/16 - 2 3/8"	1
63	Junta del piñón	1
64	RACK BALL JOINT (incluye ITEMS 65 - 68)	1
65	Guardapolvo de goma	1
66	Tuerca avellanada 7/16 -20	1
67	Clavija 3/32" X 1" LG	1
68	Engrasador recto	1
70	Tornillo, 7/16 - 14 X 2 3/4" LG	2
71	Tornillo, 7/16 - 14 X 3 1/2" LG	1
72	Espaciador	2
73	Espaciador corto	1
74	Tuerca, 7/16-14	1
75	Arandela plana 7/16"	4
76	Tuerca 7/16 -14	3
79	Eje de dirección	1
81	Kit de la Columna de dirección (incluye ítems 82-84)	1
82	Columna de dirección	1
83	Buje de la columna de dirección	1
84	Tornillo #6 – 20 x 5/16" LG	1
86	Kit de la columna de dirección (incluye ítems 87-89)	1
87	Columna de dirección	1
88	Buje de la columna de dirección	1
89	Tornillo #6 – 20 x 5/16" LG	1
92	Tornillo 3/8 – 16x 1 1/4 " LG	4
93	Arandela 3/8"	4
96	Cubierta	1
97	Remache, 3/16" X 1" LG (Aluminio)	1
100	Eje intermedio(incluye los ítems 101-102)	1
101	Tornillo M8x 1.25-05	2
102	Arandela plana 5/16"	2
105	Anillo retenedor interno	1
106	Anillo retenedor externo	1
107	Rodamiento de bolas	1
108	Arandela ondulada	1
109	Volante	1

110	Cubierta del volante	1
111	Etiqueta E-Z-GO	1
112	Etiqueta Cushman	1
113	Volante	1
114	portapapeles	1
115	Cubo del eje	1
116	Tuerca 5/8 – 18	1
119	Conjunto del tirante (incluye ítems 120-124)	1
120	Varilla roscada	1
121	Extremo del tirante (parte izquierda)	1
122	Tuerca M12 x 1.25-05	1
123	Extremo del tirante (parte derecha)	1
124	Tuerca M12 x 1.25-05	1
125	Tuerca 7/16-14	2

5 Alternativas para la automatización del vehículo

5.1 Introducción

En este capítulo se analizan las distintas opciones estudiadas para poder llevar a cabo la implantación de sistemas automatizados, tanto en la dirección como en los frenos del vehículo.

5.2 Automatización de la dirección

La idea inicial del proyecto es sustituir la actual dirección de piñón-cremallera de la que dispone el vehículo, por otra solución que elimine el volante y la columna de dirección. Para realizar esta automatización se ha realizado una búsqueda de posibles soluciones.

5.2.1 Automatización de la dirección a partir del concepto de ejes traseros direccionales

La primera opción estudiada, es intentar aplicar las nuevas tecnologías desarrolladas en el campo de los ejes traseros direccionales (Rear Axle Steering), a nuestro vehículo. La solución planteada, pasa por incorporar actuadores electromecánicos en el brazo de la dirección, para poder actuar así sobre las ruedas de forma progresiva y poder transmitir el giro deseado a las mismas.

Entre las opciones de estos sistemas encontradas en el mercado, destacan las soluciones planteadas por Bosch (Rear Axle Steering), ZF con Active kinematics control y LSP (Rear Axle Steering) que se explican en detalle a continuación:

- Bosch (Rear Axle Steering):
El sistema de dirección consta esencialmente de dos componentes: La unidad del cilindro que cuenta con un sensor de posición integrado y un sistema de válvulas, y la unidad de potencia, que consiste en una bomba eléctrica motorizada y una unidad de control.



Ilustración 26: Sistema Bosch [25]

A partir de las señales del vehículo disponibles, que se transmiten a la unidad de control integrada (ECU), el sistema de dirección tiene el ángulo de giro deseado del eje trasero y controla la bomba por medio del motor eléctrico sobre la base de la comparación objetivo-real.

El flujo de volumen generado actúa sobre la superficie particular del pistón de la unidad de cilindro y mueve el vástago del pistón hacia dentro o hacia fuera, hasta que el sensor de posición integrado da la señal de retorno, una vez que se ha alcanzado la posición objetivo. Las ruedas en el eje se giran al ángulo deseado acoplando la unidad de cilindro a un brazo de control, que transmite las fuerzas de dirección a través de los tirantes.

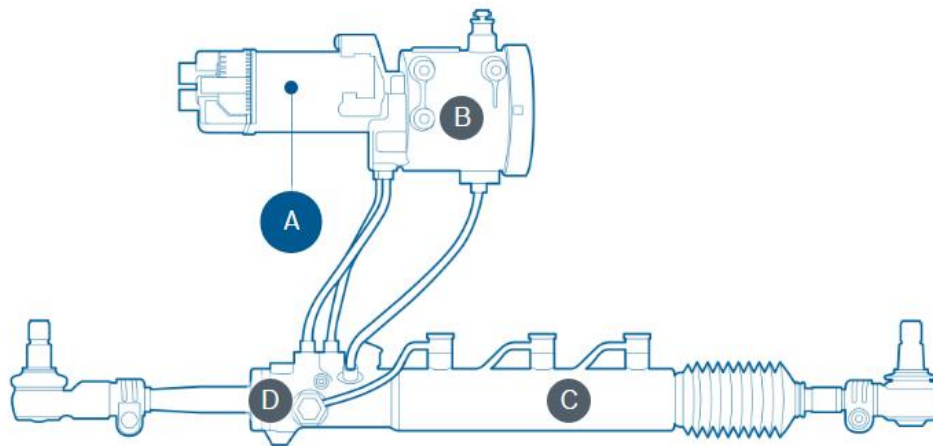


Ilustración 27: Esquema Sistema Bosch [26]

Tabla 8: Leyenda esquema sistema Bosch [8]

A	Motor eléctrico
B	Tanque de aceite y bomba
C	Cilindro de la dirección con sensor de posición integrado q
D	Sistema de válvulas

Gracias a su capacidad programable y a la construcción independiente y compacta, es posible dirigir varios ejes en un vehículo a través de varios sistemas de dirección del eje trasero.

Para proteger el sistema de dirección contra la sobrecarga cuando las ruedas giran a la posición de bloqueo completo, se puede programar una parada electrónica. La unidad de control disminuye entonces el flujo de la bomba tan pronto como se alcanza el tope final programado para que los topes mecánicos no se dañen.

Una solución para automatizar la dirección del vehículo, pasaría por implantar este sistema Bosch en el eje delantero, eliminando el volante y la columna de dirección actuales, el sistema recibiría el ángulo de giro deseado de la computadora central y el actuador giraría las ruedas en consecuencia con el mismo.

- ZF y LSP

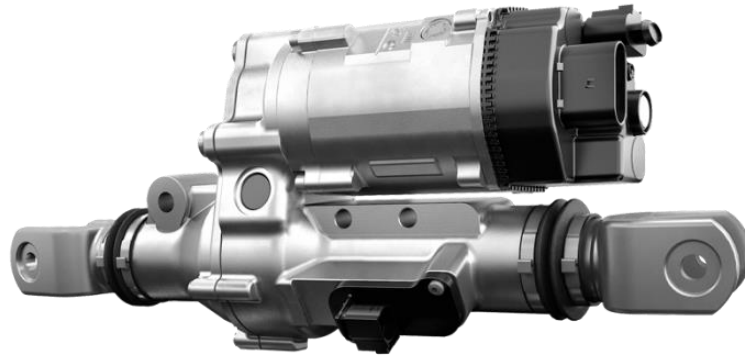


Ilustración 28: Actuador del sistema AKC de ZF [27]

Al igual que el sistema Bosch, funcionan las alternativas de los fabricantes ZF y LSP. Una computadora central envía la orden con los grados que deben girar las ruedas motrices a los actuadores electromecánicos, que mueven un brazo regulable longitudinalmente. Todo ello sin conexión mecánica al volante.



Ilustración 29: Actuador del sistema de LSP [28]

5.2.2 Automatización a partir de un moto-reductor y un encoder

Es la solución actual que monta el vehículo, consta de un sistema formado por un moto-reductor, acoplado a un encoder absoluto.

La computadora central transmite la orden de giro al encoder que gira los grados necesarios y el moto-reductor hace girar la columna de la dirección, con lo que se consigue el giro final en la dirección.

El sistema posee la limitación de girar 30° en cada sentido, debido a que si siguiese girando el encoder realizaría más de una vuelta lo que haría fallar al sistema.

Componentes del sistema:

Moto-reductor:

El movimiento es generado por un moto-reductor Parvalux PM60 LWS que consume 210[W] y entrega a la salida de su reductora un par de 20 [Nm] con una velocidad de 60 [rpm]

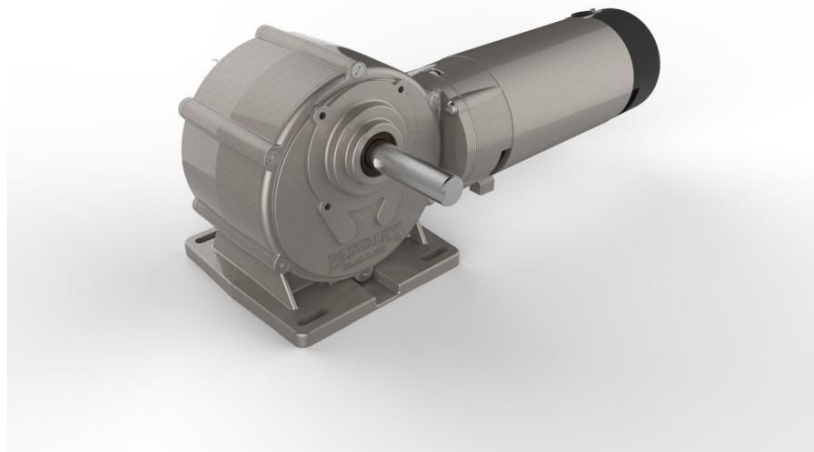


Ilustración 30: moto-reductor Parvalux PM60 LWS [29]

Tabla 9: Características técnicas moto-reductor Parvalux PM60 LWS [9]

Potencia	210[W]
Par	20[Nm]
Velocidad	60[rpm]
Tension de alimentación	36[V]
Peso	8,5[Kg]

Encoder:

Se trata de un encoder absoluto Tekel TKM60.S.1024.4.B.5.K4.6.PL20.22.S200.E.

El encoder es capaz de discriminar hasta cuatro (4) vueltas, que es el rango de operación, y resuelve con 1024 cuentas por vuelta.

Tabla 10: características técnicas encoder Tekel TKM 60 [10]

Tipo	Absoluto
Bits por vuelta	1024
Numero de vueltas	4
Tension de alimentación	5[V]
Resistencia del pull-Up	4,7[KΩ]



Ilustración 31: encoder TekelmTKM 60 [30]

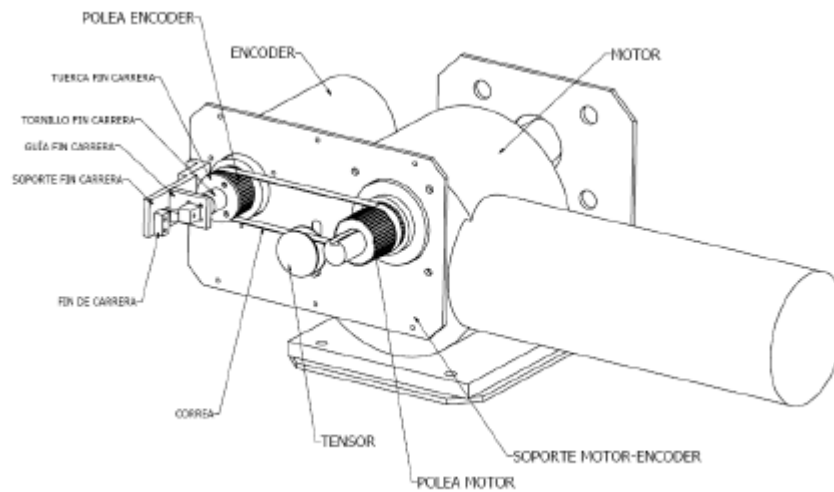


Ilustración 32: Montaje del sistema moto-reductor encoder

5.3 Automatización de los frenos

En cuanto a la automatización de los frenos, la idea de este proyecto es introducir alguna solución que permita decelerar el vehículo de forma autónoma, conservando también el sistema de frenado actual, por motivos de seguridad. Por lo que el pedal de freno y demás componentes del sistema actual permanecerían en el vehículo.

Se han estudiado dos opciones para automatizar los frenos, la primera es actuar sobre el cable del freno mediante un actuador lineal, y la segunda instalar un actuador giratorio el cual acoplado a una polea recogería el cable creando la tensión necesaria para permitir un freno progresivo. A continuación, se detallan ambas opciones.

5.3.1 Actuación lineal

La primera opción para automatizar los frenos del vehículo, se basa en la introducción de un actuador lineal, el cual traccionaría al mecanismo existente, tirando del cable del freno proporcionando la tensión adecuada para ejercer la fuerza de frenado.

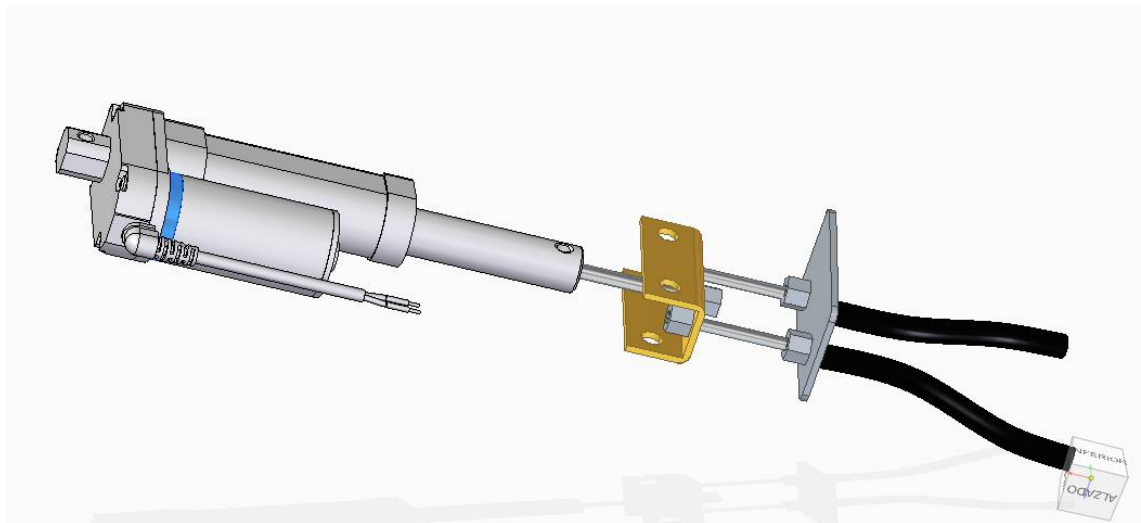
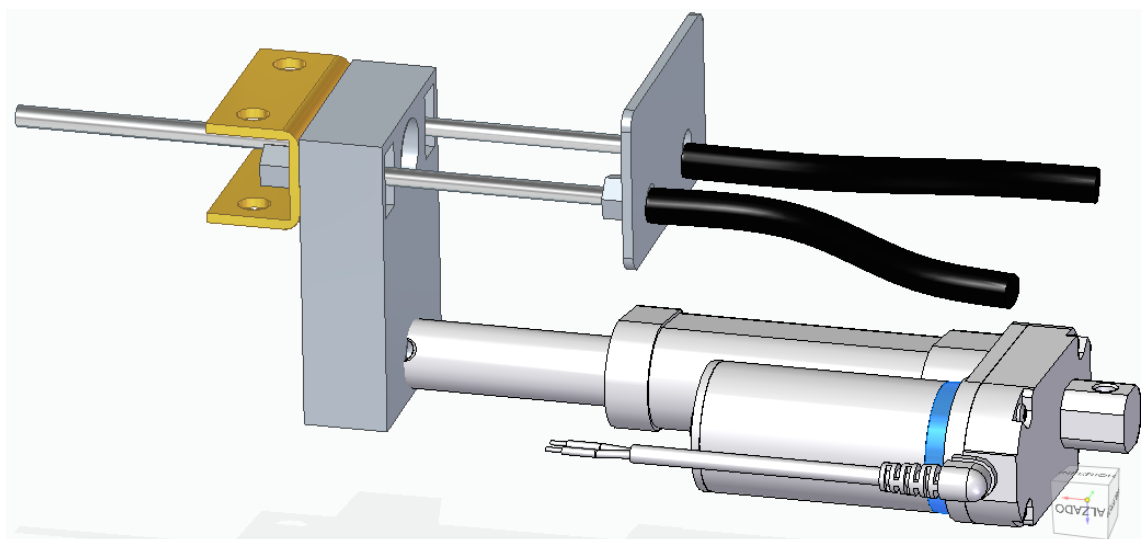


Ilustración 33: sistema de freno con actuación lineal (opción 1)

Tras estudiar esta opción, se observó que no era la mejor solución, puesto que como se mantendría el sistema anterior de frenado (Pedal y circuito que el vehículo porta de serie) para casos de emergencia, si este fuese utilizado podría crear problemas al nuevo sistema de actuación lineal, por lo que se procedió a solucionar la problemática, introduciendo la siguiente solución:



El actuador lineal, actuaría presionando una placa auxiliar de aluminio para proceder a tirar de los cables del sistema de freno, con lo que, en el circuito original,

el cable del freno se destensaría sin afectar en ningún momento a la integridad de ambos sistemas.

En el mercado existen gran variedad de actuadores lineales, de diferentes tamaños recorridos, potencias y capacidades. En una búsqueda de los actuadores que se podrían implementar en el vehículo se encuentran los siguientes:

- Actuador SKF CAHB-10

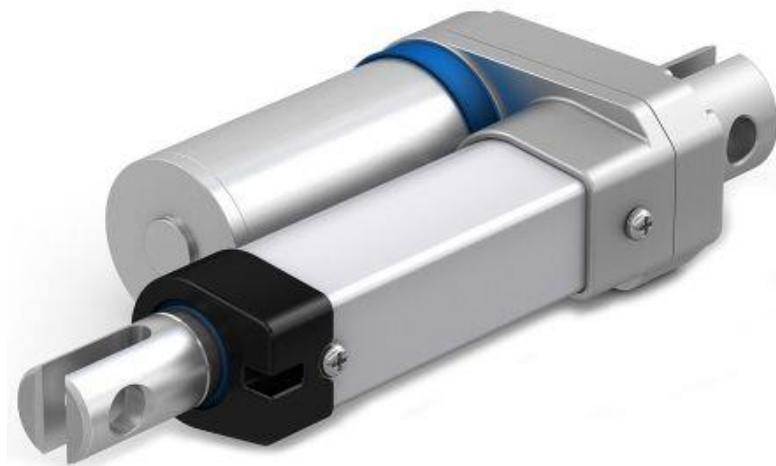


Ilustración 34: Actuador lineal SKF CAHB-10 [31]

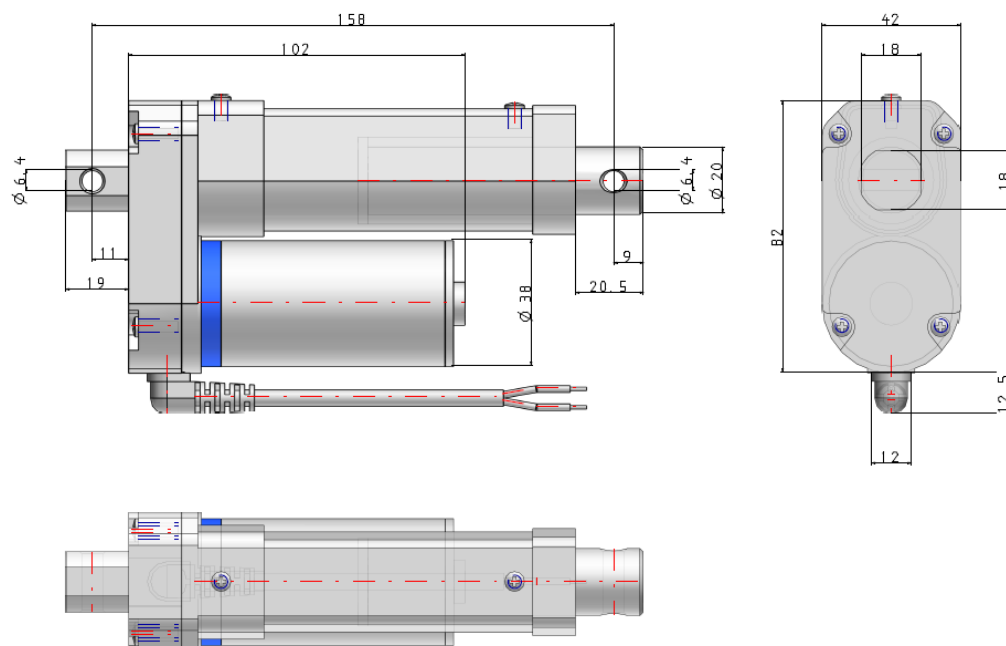


Ilustración 35: Dimensiones actuador SKF CAHB-10 [32]

Tabla 11: Características Actuador SKF CAHB-10 [11]

Tensión	12 V DC
Carga	120 N
Tornillo	TR12 Screw
Carrera (S)	50mm
Longitud de retracción (L)	158mm
Velocidad máxima	16mm/s
Accesorio frontal	Varilla con diámetro del agujero = 6,4 mm
Accesorio trasero	Varilla con diámetro del agujero = 6,4 mm
Dirección del agujero de los anexos	0°
Position feedback option	Ninguno
Longitud del cable sin conector	600mm
CAD model position	Retraído

- Actuador Thomson DS12-17A08-0290



Ilustración 36: Actuador lineal THOMSON [33]

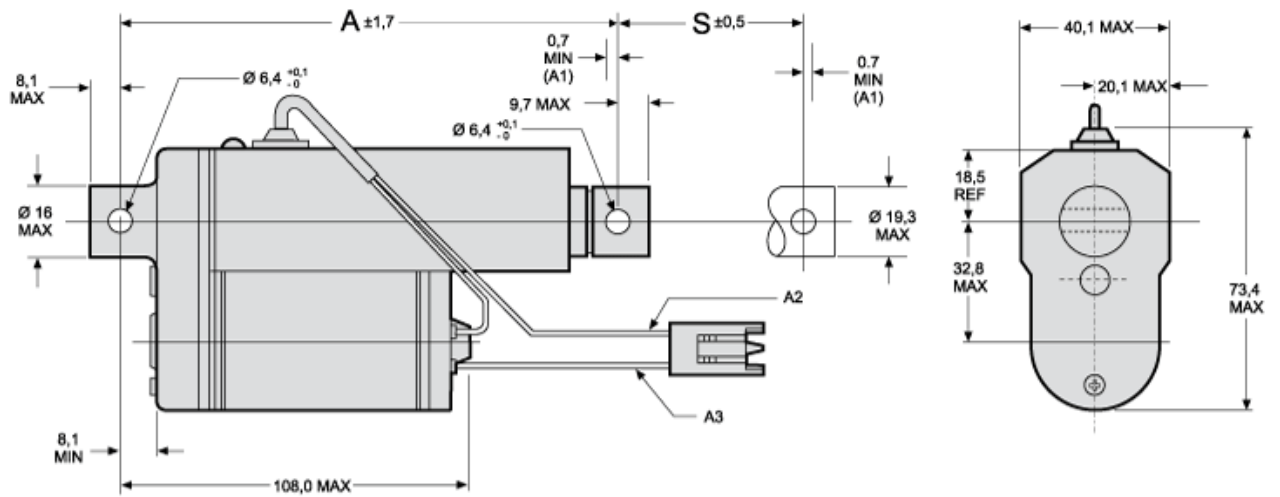


Ilustración 37: Dimensiones actuador THOMSON [34]

Tabla 12: Características actuador Thomson [12]

Tensión	12 V DC
Carga dinámica	340 N
Carga estática máx.	1300N
Tornillo	TR12 Screw
Carrera (S)	46,2mm
Longitud de retracción (A)	159,9mm
Velocidad de carrera con carga completa	17mm/s
Velocidad de carrera sin carga	26 mm/s
Peso	0,5 kg

5.3.2 Actuación rotativa carrete cable

La segunda opción estudiada, consiste en introducir un actuador rotativo eléctrico en el vehículo al que se acopla una polea que recoge el cable del freno, y al enrollarlo proporcione la tensión necesaria para realizar el frenado.

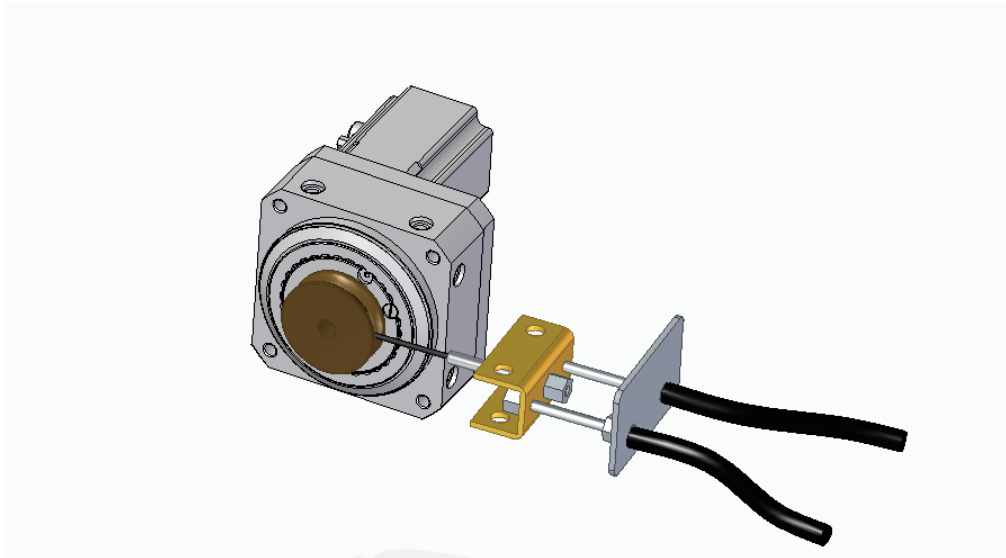


Ilustración 38: Sistema de freno con actuación rotativa

En el mercado existe gran variedad de actuadores rotativos, de diferentes tamaños, potencias y capacidades. El actuador **ermo** de la compañía **Festo** se ajusta a las necesidades y especificaciones del vehículo:

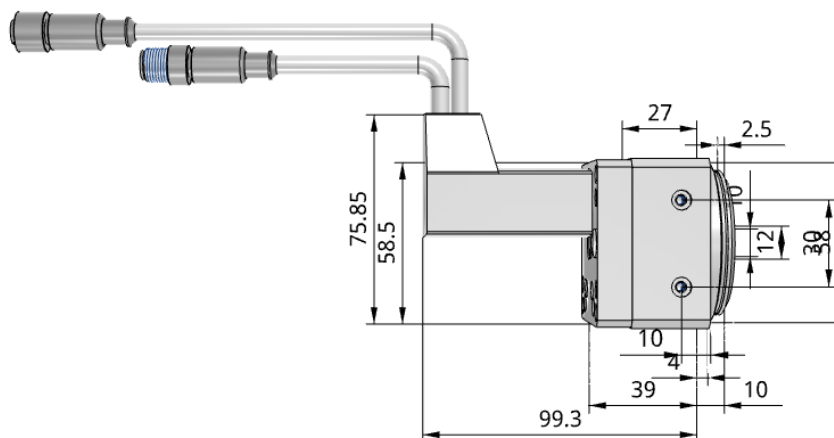


Ilustración 39: Dimensiones actuador Festo ermo [35]

Tabla 13: características técnicas actuador ermo Festo [13]

Forma constitutiva	Actuador giratorio electromecánico con reductor integrado
Angulo de giro	Ilimitado
Precisión de repetición	± 0.05
Relación de reducción	9:1
Peso	1350 [g]
Momento de giro nominal	2.5 [Nm]
Revoluciones nominales	66/min
Tensión de funcionamiento	24 [V]
Fuerza axial estática	700 [N]
Fuerza radial estática	1200 [N]
Fuerza axial dinámica	350 [N]
Fuerza radial dinámica	450[N]

6 Conclusiones y trabajos futuros

6.1 Conclusiones

El objetivo del presente proyecto “Diseño e implementación de la dirección y frenos de un vehículo autónomo”, se basa en la automatización de la dirección y frenos de este vehículo. En un principio se realizaría el diseño y la implementación del sistema automatizado, pero finalmente se decidió realizar únicamente el diseño, bajo las instrucciones del tutor.

Durante el desarrollo del proyecto se estudiaron diferentes soluciones que podrían llevarse a cabo para conseguir dicho objetivo.

En cuanto a la dirección del vehículo se propusieron dos alternativas, la primera utilizar la tecnología de trenes traseros direccionales o Rear axle Steering y la segunda utilizar un sistema compuesto por un encoder y un moto-reductor.

Finalmente se optó por la opción del encoder y el moto-reductor, al no obtener datos precisos sobre dimensiones, especificaciones y precios del sistema de ejes traseros direccionales de los principales fabricantes.

Mientras que en al automatizar los frenos se propusieron tres alternativas, la primera acoplar un actuador rotativo junto con una polea, la segunda un sistema compuesto por un actuador lineal que tiraría del cable de freno y la tercera un sistema compuesto por el mismo actuador lineal que la segunda alternativa, pero que, en lugar de tirar del cable de freno, actuaría presionando una placa de aluminio que a su vez actuaría sobre el cable del freno.

Se optó por implementar la tercera opción, ya que una de las exigencias del proyecto era que el sistema convencional de frenado, (pedal de freno) siguiese activo para casos de emergencia, y esta tercera alternativa es la única que, si este sistema primitivo entrase en acción, no comprometería la integridad del sistema implementado, algo que en las dos primeras alternativas si ocurriría.

El proyecto realizado ha cumplido los objetivos fijados al comienzo del mismo: se ha conseguido diseñar sistemas automatizados de dirección y frenos totalmente funcionales para el vehículo carrito de golf E-Z-GO del Departamento de Automática de la Universidad Carlos III de Madrid.

El proyecto ha supuesto una ampliación de los conocimientos adquiridos durante el Grado, y ha brindado la posibilidad de encarar una problemática real, en un mundo con gran proyección profesional como es la tecnología de los vehículos autónomos.

6.2 Trabajos futuros

El siguiente paso sería implementar los sistemas de dirección y freno diseñados, en el vehículo, y comprobar la efectividad y fiabilidad de los mismos.

En cuanto a las mejoras que se podrían realizar a los sistemas diseñados, destaca la idea de incorporar unos potenciómetros lineales que midan la posición de la placa de aluminio, que es desplazada por el actuador para frenar. Con estos potenciómetros junto con un estudio detallado de la fuerza de frenado de las zapatas, obtendríamos datos reales sobre la progresividad del sistema de frenado, lo que nos permitiría realizar la frenada de forma óptima y sin brusquedades.

7 Presupuesto

En este apartado se redactará el presupuesto necesario para llevar a cabo este proyecto. El presupuesto desglosará en dos tipos de gastos, gastos personales y gastos materiales.

7.1 Gastos en personal

El gasto en personal, se basará en una estimación de 300 horas correspondientes a 12 créditos ECTS de 25 horas cada uno. El diseño de los sistemas de freno y dirección del vehículo, será llevado a cabo por una única persona.

Tabla 14: Presupuesto de personal

Tarea	Encargado	Tiempo estimado [h]	Coste horario [€/h]	Coste estimado [€]
Diseño del sistema de dirección	Ingeniero mecánico	120	30	3600
		IVA	21%	756
Diseño del sistema de frenado	Ingeniero mecánico	180	30	5400
		IVA	21%	1134
		TOTAL		10890

7.2 Gastos materiales

A continuación, se detalla el presupuesto de los diferentes componentes necesarios para implementar los sistemas de dirección y freno del vehículo.

Tabla 15: presupuesto de los materiales

Componentes	Precio [€]	Cantidad	Coste [€]
Vehículo	2650	1	2650
Moto-reductor	653.52	1	653,52
Encoder	687.12	1	687,12
Actuador Lineal	242.67	1	242,67

Chapa auxiliar aluminio conjunto freno	26.62	1	26,62
TOTAL			4259,93

7.3 Coste total del proyecto

El coste total del proyecto se obtiene como la suma de los gastos personales y materiales:

Tabla 16: Presupuesto total del proyecto

Concepto	Coste [€]
Gastos materiales	4259.93
Gastos en personal	10890
TOTAL	15149,93

8 Referencias

8.1 Bibliografía

Documentos web:

[1]<http://www.autobild.es/reportajes/ventajas-contras-que-ofrecera-coche-autonomo-google-251607>

[2]

http://cincodias.com/cincodias/2016/04/25/empresas/1461603481_382973.html

<http://www.economist.com/news/science-and-technology/21701747-testing-autonomous-vehicles-virtually-will-make-them-safer-real-roads-motoring>

[3]<http://www.autoevolution.com/news/self-driving-track-days-launched-in-europe-for-inventors-and-researchers-110137.html>

[4] https://www.fokus.fraunhofer.de/go/en_v2x

[5] <http://safecarnews.com/china-shanghai-to-pilot-autonomous-cars-and-v2x-ju7162/>

[6]<https://www.theguardian.com/general-motors-partner-zone/2016/nov/18/university-michigan-mcity-automated-road-driverless-cars>

[7]<http://www.autonews.com/article/20160321/OEM06/160329987/auto-industry-turns-to-bug-bounties-to-find-security-holes>

[8]<https://www.youtube.com/watch?v=1TBoEqqcbf0>

[9]<https://www.youtube.com/watch?v=0jXnHeH9GNg>

[10]<https://www.youtube.com/watch?v=eFlvdAJpBjs>

[11]<http://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/commercial-vehicles/steering-systems/hydraulic-and-electrohydraulic/eras-rear-axle-steering/>

[12]<https://www.paul-nutzfahrzeuge.de/fire-brigade/articles/rear-axle-auxiliary-steering.html>

[13]<http://www.mcicoach.com/service-support/serinfo/serinfo02B.htm>

[14]<http://www.autonocion.com/video-como-funciona-el-eje-trasero-direccional-del-porsche-gt3/>

[15]<http://www.diariomotor.com/2015/10/06/porsche-911-eje-trasero-direccional-video/>

- [16]<http://motorscopio.blogspot.com.es/2015/02/zf-desarrolla-un-sistema-que-controla.html>
- [17]<http://www.aficionadosalamecanica.net/eje-trasero-autodireccional.htm>
- [18]<http://frenomotor.com/porsche/direccion-trasera-911-gt3>
- [19]<http://especiales.publico.es/es/motor/noticia/tecnologia/6427/eje-trasero-direccional>
- [20]<http://95octane.com/2014/11/29/zf-active-kinematic-control-rear-steering/>
- [21]https://e31wiki.org/wiki/Active_Rear_Axle_Kinematics
- [22]<http://www.aftermarket.com.au/2016/07/active-kinematics-control/>
- [23]<http://www.automotiveworld.com/news-releases/active-kinematics-control-steering-impulses-rear-axle/>
- [24]<http://www.taringa.net/posts/autos-motos/16177041/Sistema-de-Direccion-3era-parte.html>
- [25]<http://www.bosch-automotive-steering.com/en/products/car-steering-systems/electric-power-steering-servolectric.html>
- [26]http://www.aalcar.com/library/steering_power_electric.htm
- [27]<http://www.caranddriver.com/features/electric-vs-hydraulic-steering-a-comprehensive-comparison-test-feature>
- [28]<http://www.caranddriver.com/features/electric-feel-nissan-digitizes-steering-but-the-wheel-remains-feature>
- <http://blog.caranddriver.com/nissan-develops-fully-electric-steer-by-wire-system-will-go-on-sale-next-year/>
- [29]http://www.zf.com/corporate/en_de/products/product_range/cars/cars_emergency_steering_control.shtml
- [30]<http://www.caradvice.com.au/315891/honda-sensing-steering>
- [31]<http://drivinglife.net/understand-intelligent-parking-assist-system/>
- [32]<http://www.myparkingsign.com/blog/how-intelligent-parking-assist-works/>
- [33]<http://blog.toyota.co.uk/toyotas-2015-improved-parking-technology-explained>
- [34]<http://www.absbrakes.co.uk/>
- [35]http://www.areatecnologia.com/el_abs.htm

- [36]<http://www.car-engineer.com/esp-electronic-stability-program/>
- [37]<http://www.4x4abc.com/stability-control/esc-description.html>
- [38]<http://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-rewards-explained/autonomous-emergency-braking/>
- [39]<http://www.feuvertenmarcha.org/aeb-frenado-de-emergencia-autonomo/>
- [40]<http://www.express.co.uk/life-style/cars/620530/How-it-works-Autonomous-Emergency-Braking-motoring-cars>
- [41]<http://spectrum.ieee.org/transportation/self-driving/autonomous-emergency-braking>
- [42]<http://www.caradvice.com.au/293366/autonomous-emergency-braking-explained/>
- [43]<http://carsafetymsi.blogspot.com.es/2011/10/asr-anti-slip-regulation.html>
- [44]http://www.ehow.com/info_12199286_asr-cars.html
- [45]<http://support.volvocars.com/es/cars/Pages/owners-manual.aspx?mc=Y556&my=2015&sw=14w46&article=1a8488fe3f1a836bc0a801e801c79357>
- [46]<https://www.lifewire.com/hill-descent-control-systems-534812>
- [47]<https://mycardoeswhat.org/safety-features/hill-descent-assist/>
- [48]<https://www.yourmechanic.com/article/what-does-the-hill-descent-control-warning-light-mean-by-spencer-cates>
- [49]<http://www.whyhighend.com/hill-descent-control.html>
- [50] <http://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/commercial-vehicles/steering-systems/hydraulic-and-electrohydraulic/rear-axle-steering/>
- [51]http://www.zf.com/corporate/en_de/products/product_range/cars/cars_akc__active_kinematics_control.shtml
- [52] <https://www.lsp-ias.de/en/products-services/products-small-series/rear-axle-steering>
- [53] <http://www.skf.com/es/products/actuation-systems/linear-actuators/cahb-series/cahb-10/index.html>
- [54] <http://www.thomsonlinear.com/es/product/DS12-17A08-0290>
- [55] https://www.festo.com/cat/es_es/products_ERMO

Directivas, normas y reglamentos:

[56] INSTRUCCIÓN 15/V-113

[57] DIRECTIVA C70_311: Relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los mecanismos de dirección de los vehículos a motor y de sus remolques

[58] REGLAMENTO 13 de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas — Disposiciones uniformes sobre la homologación de vehículos de las categorías M, N y O con relación al frenado [2016/194]

Manuales:

[59] Disponible en: 28789- Service part manual EZGO A Textron company

Proyectos fin de estudios:

[60] Título: Rediseño de la unidad de dirección para el iCab 2

Autor: Jesús Martínez Roca

Año: 2009

8.2 Bibliografía de imágenes

[1] **Vehículo contra incendios equipado con eje trasero direccional.** Disponible en: <https://www.paul-nutzfahrzeuge.de/fire-brigade/articles/rear-axle-auxiliary-steering.html>

[2] **Eje trasero direccional Citroën ZX 1.** Disponible en: <http://m.forocoches.com/foro/showthread.php?t=3795834&page=3>

[3] **Eje trasero direccional Citroën ZX 2.** Disponible en: <http://m.forocoches.com/foro/showthread.php?t=3795834&page=3>

[4] **Funcionamiento del sistema AKC.** Disponible en: <http://95octane.com/2014/11/29/zf-active-kinematic-control-rear-steering/>

[5] **Versión del sistema AKC con dos actuadores.** Disponible en: <http://especiales.publico.es/es/motor/noticia/tecnologia/6427/eje-trasero-direccional>

[6] **Versión del sistema AKC con un actuador.** Disponible en: <http://especiales.publico.es/es/motor/noticia/tecnologia/6427/eje-trasero-direccional>

[7] **Dirección asistida eléctricamente (Toyota Prius).** Disponible en: http://www.aalcar.com/library/steering_power_electric.htm

- [8]**Dirección eléctrica por cable sin columna de dirección.** Disponible en:
<http://www.caranddriver.com/features/electric-feel-nissan-digitizes-steering-but-the-wheel-remains-feature>
- [9]**Funcionamiento del sistema de control de emergencia de la dirección.**
Disponible en: <http://www.caradvice.com.au/315891/honda-sensing-steering>
- [10]**Sensores del sistema de control de dirección de emergencia.** Disponible en:
<http://www.caradvice.com.au/315891/honda-sensing-steering>
- [11]**Sistema inteligente de ayuda al estacionamiento.** Disponible en:
<http://blog.toyota.co.uk/toyotas-2015-improved-parking-technology-explained>
- [12]**Sistema ABS.** Disponible en: http://www.areatecnologia.com/el_abs.htm
- [13] **Comparación entre vehículos con ESP y sin él.** Disponible en:
<http://www.car-engineer.com/esp-electronic-stability-program/>
- [14] **Componentes ESP.** Disponible en: <http://www.car-engineer.com/esp-electronic-stability-program/>
- [15]**Funcionamiento sistema AEB.** Disponible en:
<https://www.autobodyshop.org/autonomous-emergency-braking-automotive-safety-systems/>
- [16]**Sistema ASR.** Disponible en: <http://carsafetymssi.blogspot.com.es/2011/10/asr-anti-slip-regulation.html>
- [17]**Sistema HDC.** Disponible en:
<https://www.youtube.com/watch?v=b1ja4Z9k5L0>
- [18-23] Disponible en: 28789- Service part manual EZGO A Textron company
- [25] **Sistema Bosch.** Disponible en: <http://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/commercial-vehicles/steering-systems/hydraulic-and-electrohydraulic/rear-axle-steering/>
- [26] **Esquema Sistema Bosch.** Disponible en: <http://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/commercial-vehicles/steering-systems/hydraulic-and-electrohydraulic/rear-axle-steering/>
- [27] **Actuador del sistema AKC de ZF.** Disponible en:
http://www.zf.com/corporate/en_de/products/product_range/cars/cars_akc__active_kinematics_control.shtml
- [28] **Actuador del sistema LSP.** Disponible en: <https://www.lsp-ias.de/en/products-services/products-small-series/rear-axle-steering>
- [29] **Actuador lineal SFK.** Disponible en:
<http://www.skf.com/es/products/actuation-systems/linear-actuators/cahb-series/cahb-10/index.html>

[30] encoder TekelmTKM 60. Disponible en : <http://www.tekel.it/>

[31-32]. Disponible en: <http://www.skf.com/es/products/actuation-systems/linear-actuators/cahb-series/cahb-10/index.html>

[33] Actuador lineal Thomson. Disponible en:
<http://www.thomsonlinear.com/es/product/DS12-17A08-0290>

[34] Dimensiones Actuador Thomson. Disponible en:
<http://www.thomsonlinear.com/es/product/DS12-17A08-0290>

[35] Dimensiones actuador Festo ermo. Disponible en:
https://www.festo.com/cat/es_es/products_ERMO

8.3 Bibliografía de tablas

[1-7] Disponible en: 28789- Service part manual EZGO A Textron company

[8] Leyenda esquema sistema Bosch. Disponible en: <http://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/commercial-vehicles/steering-systems/hydraulic-and-electrohydraulic/rear-axle-steering/>

[9] Características técnicas moto-reductor Parvalux PM60 LWS:
<https://www.parvalux.com/pm60-lws.html>

[10] características técnicas encoder TekelmTKM 60: Disponible en:
<http://www.tekel.it/>

[11] Características actuador SKF. Disponible en:
<http://www.skf.com/es/products/actuation-systems/linear-actuators/cahb-series/cahb-10/index.html>

[12] Características actuador Thomson. Disponible en:
<http://www.thomsonlinear.com/es/product/DS12-17A08-0290>

[13] características técnicas actuador ermo Festo. Disponible en:
https://www.festo.com/cat/es_es/products_ERMO

ANEXOS

Anexo A: Instrucción 15/V-113 DGT

INSTRUCCIÓN 15/V-113

El Real Decreto 2822/1998 de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos (en adelante RGV), otorgó en su artículo 47 a la Dirección General de Tráfico (DGT en adelante) la facultad de concesión de autorizaciones especiales para la realización de pruebas o ensayos de investigación extraordinarios, realizados por fabricantes, fabricantes de segunda fase y laboratorios oficiales. Así mismo, la Instrucción 10/TV-66 vino a establecer el procedimiento específico de solicitud y concesión de dichas autorizaciones.

Sin embargo, el progreso tecnológico de la industria automotriz, ha permitido el diseño y desarrollo de dispositivos y vehículos, que, por su propia naturaleza y especialidades, trascienden la regulación actual. Algunas de esas tecnologías, vienen a proponer distintos niveles de automatización que permiten en su grado máximo la conducción plenamente automatizada.

En orden a garantizar las posibilidades de mejora que estas pruebas y ensayos aportarán a la seguridad vial y a la movilidad segura y sostenible en España, y contribuir al mismo tiempo al impulso de la industria de automoción e inversión en investigación en nuestro país, se publica la presente instrucción, destinada a la regulación de la concesión de las autorizaciones especiales para la realización de pruebas y ensayos de investigación, realizados con vehículos autónomos en vías abiertas al tráfico en general.

DEFINICIONES

VEHÍCULO AUTÓNOMO: Todo vehículo con capacidad motriz equipado con tecnología que permita su manejo o conducción sin precisar la forma activa de control o supervisión de un conductor, tanto si dicha tecnología autónoma estuviera activada o desactivada, de forma permanente o temporal.

A estos efectos, no tendrá consideración de tecnología autónoma aquellos sistemas de seguridad activa o de ayuda a la conducción incluida como

equipamiento de los vehículos que para su manejo o conducción sí requieran necesariamente control o supervisión humana activa.

Son objeto de esta instrucción aquellos vehículos que incorporan tecnología con funciones asociadas a los niveles automatización 3,4 y 5 recogidos en la tabla I.

- **MODO AUTÓNOMO:** modalidad de conducción consistente en el manejo o conducción del vehículo autónomo sin el control activo de un conductor cuando su tecnología autónoma está activada.

- **MODO CONVENCIONAL:** modalidad de conducción de un vehículo autónomo en la que la tecnología autónoma está desactivada y su conducción o manejo debe efectuarse mediante el control activo de un conductor.

1. REQUISITOS PARA OBTENER LA AUTORIZACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS EN VEHÍCULOS AUTÓNOMOS.

Requisitos del solicitante de la autorización

- Conforme a lo dispuesto en el RGV podrán solicitar la autorización para la realización de pruebas y ensayos: los fabricantes de los vehículos autónomos, sus fabricantes de segunda fase y los laboratorios oficiales. Sin perjuicio de lo anterior, y por analogía, se entenderán legitimados así mismo para su solicitud, los fabricantes o instaladores de la tecnología que permite al vehículo plena autonomía, las universidades y consorcios que participen en proyectos de investigación en los términos descritos en la presente instrucción.
- El solicitante deberá aportar cuanta documentación se prevé en el RGV, en la presente instrucción y en ulterior normativa que pudiera serle de aplicación.

Requisitos del vehículo autónomo:

- Los vehículos objeto de la presente autorización, serán vehículos autónomos, en los términos previstos en la presente instrucción.

- Cada vehículo será identificado unívocamente por el solicitante en los términos previstos en la presente instrucción.
- El propietario del vehículo autónomo o cualquier persona que tenga interés en su aseguramiento estará obligado a suscribir y mantener en vigor un contrato de seguro que cubra hasta la cuantía de los límites del aseguramiento obligatorio de vehículos a motor, así como la responsabilidad civil derivada de los posibles daños causados en las personas o los bienes con motivo de la circulación durante la realización de las pruebas en vías abiertas al tráfico en general.
- Para garantizar la madurez, seguridad y fiabilidad de los sistemas de conducción automatizada, el propietario del vehículo autónomo deberá acreditar:
 - 1- Que el vehículo ha superado en un servicio técnico acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), los procedimientos recogidos en el Anexo II de la presente instrucción o
 - 2- Que la autoridad competente de otro Estado Miembro de la Unión Europea haya expedido, a través de un procedimiento de control previo equivalente, autorización para realizar pruebas en vías abiertas al tráfico general a vehículos de conducción automatizada con tecnologías y configuraciones de la misma naturaleza.

Requisitos del conductor del vehículo autónomo:

- El conductor del vehículo autónomo deberá ser designado e identificado por el solicitante de la autorización.
- La solicitud podrá incluir varios conductores.
- El solicitante deberá aportar declaración responsable de las aptitudes de los conductores designados, acreditando bajo su responsabilidad que los mismos conocen la tecnología autónoma del vehículo, han recibido la formación requerida para el tipo de prueba solicitada y tienen capacidad para conducir, manejar o controlar el vehículo, en términos de seguridad y bajo cualquier condición.

- El conductor del vehículo autónomo será en todo momento el responsable de la conducción y manejo del vehículo.
- Se exigirá durante la circulación que el conductor esté en todo momento en disposición de tomar el pleno control del vehículo, tanto si se encuentra en el interior del habitáculo como si lo conduce o maneja en remoto. En todo caso, el conductor estará obligado a tomar el pleno control del vehículo ante cualquier eventualidad que suponga una situación de riesgo para los ocupantes del vehículo o para el resto de usuarios de la vía.
- El conductor del vehículo autónomo deberá ser titular, con una antigüedad mínima de dos años del permiso de conducción en vigor correspondiente a la categoría del vehículo objeto de la prueba o ensayo.

2. ALCANCE DE LA AUTORIZACIÓN

La presente autorización es de ámbito nacional y establecerá los tramos de vía urbana e interurbana por las que el vehículo está autorizado a realizar las pruebas o ensayos

Los titulares de la autorización, serán responsables de que los vehículos reúnan las características técnicas adecuadas para la circulación por las vías públicas y del cumplimiento de todos los requisitos exigidos en la presente instrucción.

La duración de la autorización será por un plazo máximo de 2 años, pudiendo prorrogarse sucesivamente por idénticos periodos de tiempo.

La circulación fuera del alcance de la autorización deberá realizarse siempre en modo convencional.

Los vehículos deberán estar matriculados. En caso contrario, deberán obtener una autorización temporal de circulación conforme al art 44 del RGV que les permita circular por las vías abiertas al tráfico en general.

3. PRESENTACIÓN DE LAS SOLICITUDES

Los interesados presentarán:

- a) Solicitud cumplimentada conforme al ANEXO I dirigida a la Subdirección General de Gestión de la Movilidad.

b) Pago de la tasa I.4, de acuerdo con lo establecido en el artículo 6 de la Ley 16/1979, de 2 de octubre, sobre tasas de la Jefatura Central de Tráfico.

c) Memoria descriptiva de las pruebas y ensayos, que incluirá cómo mínimo los siguientes aspectos:

- Breve descripción de la tecnología incorporada al vehículo, los principios utilizados para garantizar su seguridad y del sistema de activación del modo autónomo, indicado el nivel de conducción autónoma, atendiendo a los niveles de la tabla I.
- Descripción general de los Planes de formación impartidos a los conductores del vehículo autónomo.
- Identificación, y descripción detallada de la zona solicitada para la realización de las pruebas.
- Descripción general del plan de ensayos y pruebas a realizar en vías abiertas al tráfico en general.

d) Certificado para la realización de pruebas de conducción autónoma, emitido por un servicio técnico acreditado¹ según los procedimientos recogidos en el anexo II o acreditación de haber obtenido previamente, de la autoridad competente de otro Estado Miembro de la Unión Europea, a través de un procedimiento de control previo equivalente² una autorización para realizar pruebas en vías abiertas al tráfico general a vehículos de conducción automatizada con tecnologías y configuraciones de la misma naturaleza.

4. RESOLUCIÓN

La resolución, concediendo o denegando la autorización especial solicitada será dictada por el Subdirector General de Gestión de la Movilidad en el plazo de 1 mes desde la entrada en el registro de la Dirección General de Tráfico.

En caso de que el itinerario autorizado para la realización de las pruebas incluya vías cuya competencia corresponda a otras administraciones con competencia en materia

de tráfico, el plazo de resolución de 1 mes contará desde el día siguiente a la recepción del preceptivo informe por parte de la administración correspondiente.

En la Autorización que se conceda constará el tipo de ensayo a realizar, su itinerario, y demás condiciones en que deba desarrollarse.

La Dirección General de Tráfico dará traslado de la autorización a las administraciones con competencia en materia de tráfico del ámbito territorial en que se desarrollen las pruebas.

5. COORDINACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS

La Subdirección General de Gestión de la Movilidad coordinará los procedimientos relativos a la autorización de pruebas o ensayos de investigación realizados con vehículos de conducción automatizada en vías abiertas al tráfico en general y, a estos efectos, podrá llevar a cabo las modificaciones que resulten oportunas de los anexos y procedimientos administrativos correspondientes.

6. ENTRADA EN VIGOR

Lo que se hace público para general conocimiento y cumplimiento.

Madrid, 13 de noviembre de 2015

Anexo B: Ficha técnica Encoder Tekel TKM 60



AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
CERTIFICATO ISO 9001

COMPANY QUALITY SYSTEM ISO
9001 CERTIFIED

INCREMENTALE INCREMENTAL TK 60

CARATTERISTICHE MECCANICHE - MECHANICAL SPECIFICATIONS

Dimensioni - Dimensions: vedi disegni - see drawings

Albero - Shaft: acciaio inox - stainless steel

Carico sull'albero - Shaft loading: assiale - axial 200 N; radiale - radial 200 N

Numero giri - Shaft rotational speed: 12.000 RPM per brevi periodi - to short cycle time; 6.000 RPM continui - continuous;
2000 giri/min con asse stagno - with protection shaft

Coppia di partenza a 25° C - starting torque at 25° C: 0,025 Nm; 0,040 Nm con asse stagno - with proof shaft

Momento d'inerzia - Moment of inertia: 40 g cm²

Vita dei cuscinetti - Bearings life: 5 x 10⁸ giri (minimo) - rev. min.

Peso - Weight: ~0,45 kg

CARATTERISTICHE ELETTRICHE - ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Frequenza in uscita - output frequency: fino a 300 kHz up to 300 kHz

Sincronismo di zero - Synchronous index output: Su canale A predefinito - on A default B - A+B a richiesta - B - A+B optional

TK661 A+B predefinito; TK661 A+B default

Assorbimento in corrente - Supply current without load: 150 mA max.

Protezione - Protection: contro il cortocircuito (solo elettronica LD2 e PP2); short circuit protection, no limit duration (only output LD2 and PP2)
contro inversione di polarità (escluso 5Vcc); against inversion of polarity (except 5Vcc)

MATERIALI UTILIZZATI - MATERIALS

Corpo - Flange: in alluminio anticorrosione - aluminium non corroding

Custodia - Housing: Alluminio verniciato con trattamento termico a 180° C;
Aluminium painted with inhibiting treatment 180° C

CARATTERISTICHE AMBIENTALI - ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS

Temperatura di lavoro - Operating temperature range: -10° C + +70° C

Temperatura di stoccaggio - Storage temperature range: -30° C + +85° C

Umidità relativa - Relative humidity: 98% RH senza condensazione - RH without condensing

Vibrazioni - Vibrations: 10 g (da 10 a 2.000 Hz) - (From 10 up to 2.000 Hz)

Schock - Shock: 20 g (per 11 ms) - (for 11 ms)



CODICE DI ORDINAZIONE - ORDERING CODE

TK XXX . XXX . XXXX . XXXXX . X . XX . XX,XX . XXnn . XXX-XXXX . Xnnn

MONTAGGIO - ASSEMBLY

SG Servo-graffe - servo-clip (Ø 63,5 mm)
H Servo - servo (Ø 58 / 60 mm)

MODELLO - TYPE

TK 610 monodirezionale - unidirectional
TK 611 monodir+ zero - unidirect + index
TK 660 bidirezionale - bidirectional
TK 661 bidirez. + Zero (predefinito)
bidirect + index (default)

IMPULSI GIRO - PULSE RATE

2 - 5 - 10 - 20 - 25 - 30 - 32 - 36 - 40 - 50 - 60 - 64 - 72 -
80 - 88 - 90 - 100 - 120 - 125 - 127 - 128 - 150 - 162 -
180 - 183 - 200 - 240 - 250 - 254 - 256 - 300 - 314 - 360 -
375 - 390 - 400 - 500 - 512 - 576 - 600 - 625 - 635 - 720 -
750 - 800 - 900 - 1000 - 1024 - 1200 - 1250 - 1270 -
1440 - 1500 - 1800 - 2000 - 2048 - 2500 - 2540 - 2700 -
3600 - 4096 - 5000 - 9000

Alimentazione (Vdc) - Voltage supply

5 +5 V ±5 %
11/30 +11V ±30 V
24/5 +11/30 V supply + 5 V output

Frequenza in uscita Output frequency

S da - from 0 a - up to 100 kHz
V da - from 0 a - up to 300 kHz

Grado di protezione - Protection class

K4 IP 64 (EN60529)
K5 IP 65 (EN60529)
K6 IP 66 (EN60529)

CIRCUITI DI USCITA - OUTPUT CIRCUITS

S NPN standard (resistenza di pull-up inclusa - resistor included)
OC NPN open collector
P PNP (resistenza di pull-down inclusa - resistor included)
OP PNP open collector
PP2-5 Push-Pull 5 V output
PP2-1130 Push-Pull 11/30 Vcc output (solo con alimentazione 11/30 V
(only with voltage supply 11/30 V)
LD Line driver RS422 (26LS31) solo - only 5 V o - or 24/5 V
LD2-5 Line driver 5 Vcc output
LD2-1130 Line driver 11/30 Vcc output (solo con alimentazione 11/30 V
(only with voltage supply 11/30 V)

CONNESSIONI ELETTRICHE - ELECTRICAL CONNECTIONS

OUTPUT: S; P; OC; OP; PP2; LD; LD2 (escluso - except TK661)

Pnn pressacavo assiale con cavo da 1 a 6 m; on axial cable gland with cable 1 ÷ 6 m long
PLnn pressacavo radiale con cavo da 1 a 6 m; radial cable gland with cable 1 ÷ 6 m long
S 07 connettore circolare militare assiale a 7 poli; on 7 pins axial MIL connector
L 07 connettore circolare militare radiale a 7 poli; on 7 pins radial MIL connector
S1 connettore circolare "contact" assiale a 12 poli; on 12 pins axial "contact" connector
R1 connettore circolare "contact" radiale a 12 poli; on 12 pins radial "contact" connector

OUTPUT: LD; LD2 (solo - only TK661)

Pnn pressacavo assiale con cavo da 1 a 6 m; on axial cable gland with cable 1 ÷ 6 m long
PLnn pressacavo radiale con cavo da 1 a 6 m; radial cable gland with cable 1 ÷ 6 m long
S 10 connettore circolare militare assiale a 10 poli; on 10 pins axial MIL connector
L 10 connettore circolare militare radiale a 10 poli; on 10 pins radial MIL connector
S1 connettore circolare "contact" assiale a 12 poli; on 12 pins axial "contact" connector
R1 connettore circolare "contact" radiale a 12 poli; on 12 pins radial "contact" connector

NOTA: (S1 e R1 solo con flangia H; NOTE: S1 and R1 only with H flange)

nn Lunghezza cavo - Cable length (es. PL10 = 1 m. ... PL60 = 6 m)

Albero - Shaft

6 Ø 6 mm
8 Ø 8 mm
10 Ø 10 mm

Anexo C: Ficha técnica del producto Rear Axel Steering System Bosch

Steering systems

Rear axle steering system

**BOSCH**

Invented for life



PRODUCT BENEFITS

- ▶ Smaller turning circle
- ▶ Reduced tire wear
- ▶ Compact construction
- ▶ Light weight
- ▶ Fuel savings
- ▶ Increased maneuverability
- ▶ Easy installation

1 Power unit with integrated control unit

2 Steering cylinder with integrated position sensor



Power-on-demand

The electrohydraulic rear axle steering system only uses energy when steering is actually occurring.

TASK

The electrohydraulic rear axle steering system is a stand-alone power-on-demand system for steering the pusher axle or the tag axle of heavy commercial vehicles. It is the result of an innovative combination of a hydraulic cylinder unit and an electronic power unit. The system makes it possible to steer pusher and trailing axles on vehicles with three or more axles.

FUNCTION

The rear axle steering system consists essentially of two components: the cylinder unit with integrated position sensor and valve system, and the power unit, consisting of a motor-driven pump and control unit. The ever more demanding requirements faced by commercial vehicles in today's transportation industry can only be satisfied on the rear axle through use of an innovative steering system with electronic interface. With the system, the linking of the rear axle steering to the vehicle's electrical system is now possible. The available vehicle signals (e.g. steering angle of the front axle) on the CAN bus are transmitted to the integrated control unit (ECU). From these signals, the rear axle steering system determines the desired steering angle of the rear axle and controls the pump by means of the electric motor on the basis of the target-actual comparison. The volume-flow generated acts on the particular piston surface of the cylinder unit and moves the cylinder's piston rod in or out, until the integrated position sensor gives the return signal, that the target position has been reached. The wheels on

21 W

are required, on average, for operation of the rear axle steering system.

-0.6 l/ 100 km

lower fuel consumption – compared to conventional electrohydraulic rear axle steering systems

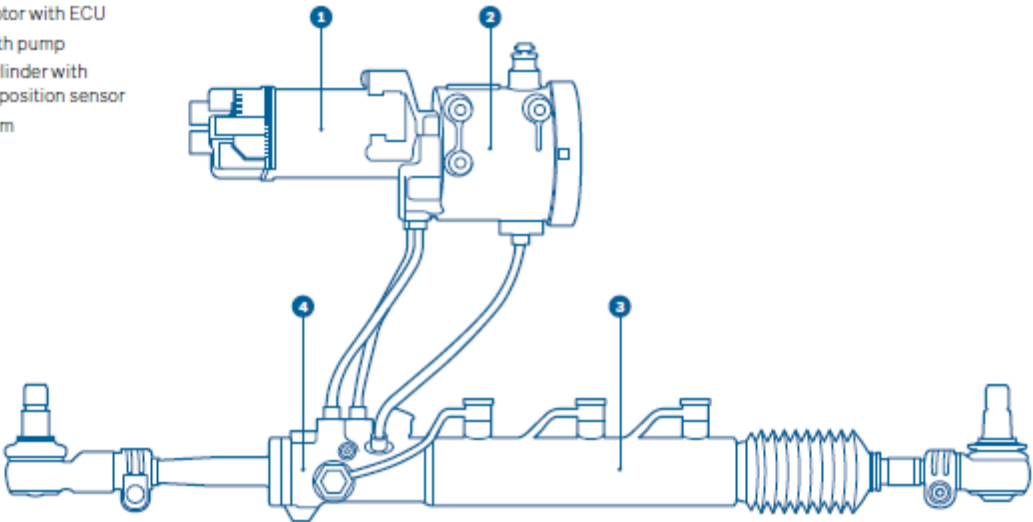
the axle are turned to the desired angle by coupling the cylinder unit to a control arm, which transmits the steering forces via the tie rods. With its freely programmable and plug-and-play capability, the independent and compact construction makes it possible to steer several axles on a vehicle through use of several rear axle steering systems.

To protect the steering system against overloading when the wheels are turned to the full-lock position, an electronic stop can be programmed. The control unit then decreases the flow from the pump as soon as the programmed end stop is reached so that the mechanical stops are not damaged.

TECHNICAL CHARACTERISTICS

Piston rod force	41/52 kN (retract/extend)
Max. pressure	185 bar
Installed length	1,000 mm +/- 95 mm
Operating temperature	-32 °C to +80 °C
Surface treatment	DIN EN ISO 9227 – 480 h
Operating voltage	24V DC
Weight	24 kg

- 1 Electric motor with ECU
- 2 Oil tank with pump
- 3 Steering cylinder with integrated position sensor
- 4 Valve system



Anexo E: Ficha técnica actuador SKF

Linear actuator

CAHB-10 series

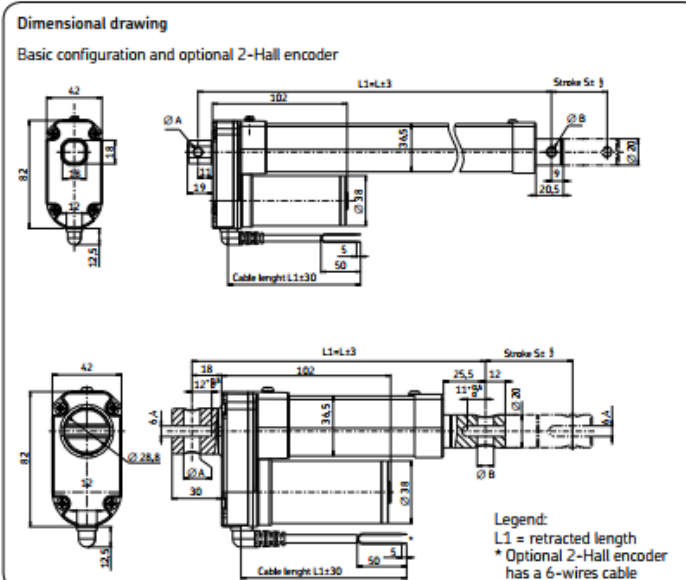
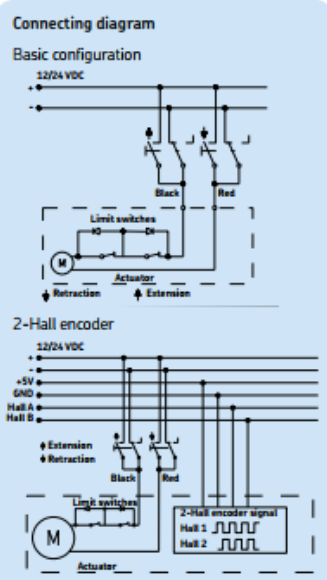
Benefits

- Compact design
- Designed for harsh environment
- Robust and reliable
- Integrated limit switches
- Quiet operation
- Thermal protection
- Optional potentiometer and 2-Hall encoder available
- Electromagnetic compatibility (EMC) compliant



CAHB-10 series

Linear actuators DC versions



Stroke (mm)	50	100	150	200	250	300
Retracted length (L1)	158	209	260	311	362	413
Retracted length with fork head	179	230	281	332	383	434

Encoder resolution

Gear ratio	5:1	10:1	20:1	30:1	40:1
Mm/pulse	0,3	0,15	0,075	0,05	0,038

Technical data

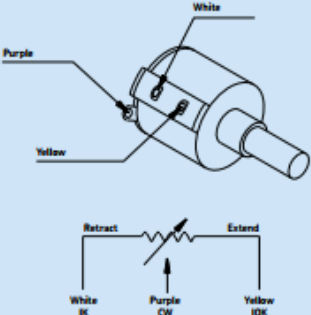
	Unit	CAHB-10... 1	CAHB-10... 2	CAHB-10... 3	CAHB-10... 4	CAHB-10... 5
Push load	N	120	240	500	750	1 000
Pull load	N	120	240	500	750	1 000
Speed (full load to no load)	mm/s	45 to 56	24 to 30	13 to 16	8 to 10	6 to 8
Stroke	mm	50 to 300	50 to 300	50 to 300	50 to 300	50 to 300
Retracted length	mm	—*	—*	—*	—*	—*
Voltage	V DC	12 or 24	12 or 24	12 or 24	12 or 24	12 or 24
Power consumption	W	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Current consumption 12 V DC	A	4	3,5	3,2	3	2,8
24 V DC	A	2,2	2,0	1,8	1,8	1,6
Duty cycle	%	25	25	25	25	25
Ambient temperature	°C	−40 to +85	−40 to +85	−40 to +85	−40 to +85	−40 to +85
Type of protection	IP	66s	66s	66s	66s	66s
Weight (at 300 mm stroke)	kg	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Color	—	Silver	Silver	Silver	Silver	Silver
Limit switches	—	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Thermal protection	—	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

* See above table

Linear actuators DC versions

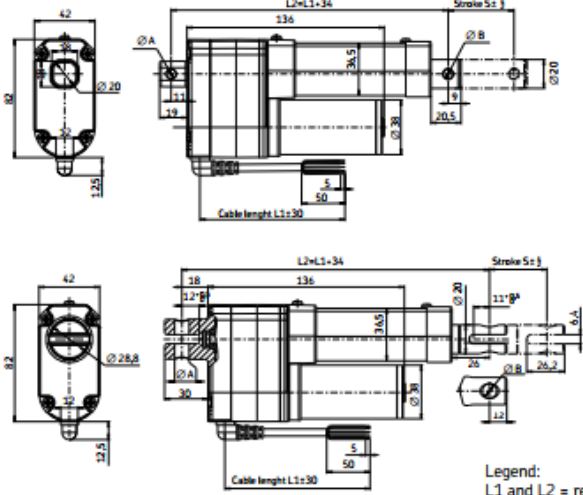
CAHB-10 series

Potentiometer



Dimensional drawing

Optional potentiometer



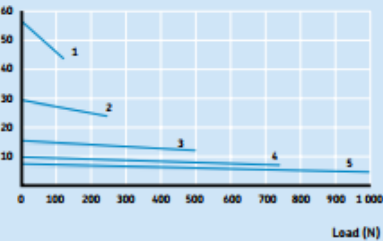
Legend:
L1 and L2 = retracted length

Stroke (mm)	50	100	150	200	250	300
Retracted length (L2)	192	243	294	345	396	447
Retracted length with fork head	213	264	315	366	417	468

Potentiometer resolution			
Stroke (mm)	50-80	80-160	160-300
Minimum resistance value of potentiometer	700-1300 Ω	700-1300 Ω	700-1300 Ω
Potentiometer resolution	100 Ω /mm	50 Ω /mm	16,6 Ω /mm

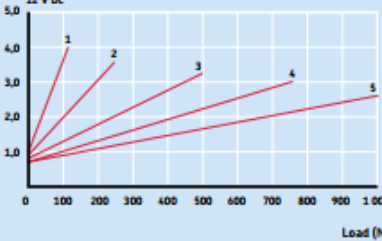
Performance diagrams

Speed (mm/s)



Speed-load diagram

Current consumption (A)



Current-load diagram

CAHB-10 series

Ordering key

CAHB-10- A - - - - - A - - - - - 0 - 0 0 0

Type

Voltage:

12 V DC A

24 V DC B

Load:

120 N 1

240 N 2

500 N 3

750 N 4

1 000 N 5

Screw:

TR12 screw A

Customized X

Stroke:

50 mm 050

100 mm 100

150 mm 150

200 mm 200

250 mm 250

300 mm 300

Retracted length:*

Stroke without potentiometer : **

	A(B)+A(B)	A(B)+C	C+A(B)	C+C
50 mm	158 mm	165 mm	172 mm	179 mm
100 mm	209 mm	216 mm	223 mm	230 mm
150 mm	260 mm	267 mm	274 mm	281 mm
200 mm	311 mm	318 mm	325 mm	332 mm
250 mm	362 mm	369 mm	376 mm	383 mm
300 mm	413 mm	420 mm	427 mm	434 mm

IP:

Standard (IP 66s) A

Front attachment:

Rod with hole Ø 6,4 mm A

Rod with hole Ø 8 mm B

Fork head with hole Ø 10,1 mm C

Customized X

Rear attachment:

Rod with hole Ø 6,4 mm A

Rod with hole Ø 8 mm B

Fork head with hole Ø 10,1 mm C

Customized X

Hole direction of the attachments:

0° A

90° B

Option 1:

None O

Potentiometer P

2-Hall encoder H

Cable length:

600 mm without connector A

1 000 mm without connector B

1 500 mm without connector C

2 000 mm without connector D

2 500 mm without connector E

3 000 mm without connector F

Customized X

Auxiliary code (Standard products are "00")